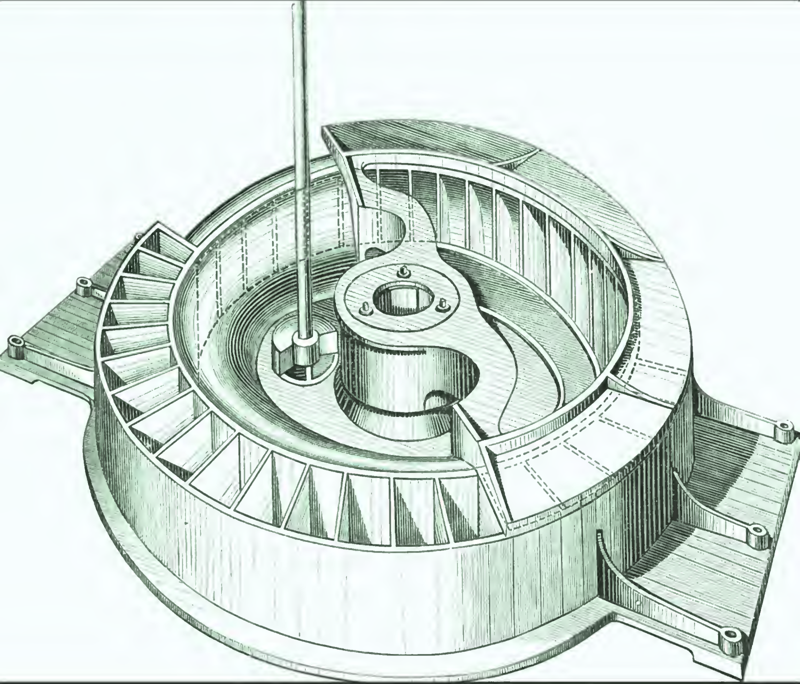


# VDI-Z

Verein Deutscher Ingenieure

# ZEITSCHRIFT

DES

# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

Unter besonderer Mitwirkung

von

**Dr. E. F. Dürre,**
ordentl. Professor der Hüttenkunde und Probirkunst
am Polytechnicum in Aachen

**Dr. K. List,**
Lehrer der Chemie und chemischen Technologie an der
königl. Gewerbeschule in Hagen

und

**H. Ludewig,**
ordentl. Professor der Maschinenbaukunde an der königl.
technischen Hochschule in München

**R. R. Werner,**
ordentl. Professor der Maschinenbaukunde an der grossherzogl.
technischen Hochschule in Darmstadt.

Redigirt

von

**R. Ziebarth,**
Civil-Ingenieur in Berlin.

**Band XXIII.**
(Dreiundzwanzigster Jahrgang.)
1879.

Mit 23 lithographirten Tafeln im Atlas, 32 Blatt Zeichnungen im Text und 74 Holzschnitten.

Berlin.
**Selbstverlag des Vereines.**
**Commissions-Verlag von Rudolph Gaertner.**
Mohren-Strasse 13/14.

# Namenregister.

(Die in Klammern beigesetzten Zahlen bezeichnen die Nummer der zugehörigen Tafel oder des Textblattes. B. bedeutet ein besprochenes Werk.)

# Sachregister.

(M. A. bedeutet, dass der Artikel mit Abbildungen auf einer Tafel oder mit Figuren auf einem Blatte im Texte; M. H. bedeutet, dass er mit Holzschnitten im Texte versehen ist. B. bedeutet ein besprochenes Werk.)

# ATLAS

zur

# Zeitschrift

des

# Vereines deutscher Ingenieure.

**Band XXIII.**

(Dreiundzwanzigster Jahrgang.)

**1879.**

Enthaltend 23 lithographirte Tafeln und 32 Blatt Zeichnungen im Text.

Berlin.
Selbstverlag des Vereines.
Commissions-Verlag von Rudolph Gaertner.
Mohren-Strasse 13, 14.

# INHALT.



## Im Text.

# ZEITSCHRIFT

DES

# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

**1879.** **Band XXIII. Heft 1.** **Januarheft.**

## Abhandlungen.

### Die ersten Dampfmaschinen in Deutschland.

Von **Th. Springmann.**

(Vorgetragen in der Versammlung des Westfälischen Bezirksvereines vom 10. März 1878.)

Noch niemals hat eine Erfindung derartige Umwälzungen und Verbesserungen in allen menschlichen Lebensverhältnissen hervorgebracht wie die der Dampfmaschine, und noch heute bildet die Dampfmaschine mit ihrem Zubehör — der Dampfschifffahrt, den Eisenbahnen u. s. w. — den Hauptmittelpunkt und das bei weitem grösste Arbeitsfeld für alle technischen Bestrebungen.

Es ist daher auch nicht verwunderlich, dass die Geschichte der Erfindung und Entwickelung der Dampfmaschine fast in jedem Werke, welches Technologie oder Maschinenkunde behandelt, zu finden ist und daher auch hier als allgemein bekannt vorausgesetzt werden muss.

Weniger dagegen dürfte dies der Fall sein mit der Geschichte der ersten Einbürgerung der Dampfmaschine in unserem speciellen Vaterlande.

Zur Sammlung des hier einschlägigen Materials wurde ich zunächst veranlasst durch die Ausarbeitung eines populären Vortrages über die Dampfmaschine und deren Geschichte, den ich bei Beginn dieses Winters dem Bildungsvereine zu Hagen zugesagt hatte. Manches des mir derzeit durch die Güte mehrerer Freunde, namentlich des Hrn. H. Lueg zu Düsseldorf, sowie unseres Vorstandsmitgliedes Hrn. Wagner zugängig gemachten Materials erschien mir jedoch auch in ausschliesslich technischem Kreise Interesse zu verdienen sowie auch bei Ingenieuren von Fach noch so wenig zur allgemeinen Kenntniss gekommen zu sein, dass ich glaubte, hierfür heute Ihre Aufmerksamkeit auf kürzere Zeit in Anspruch nehmen zu dürfen.

Wenn wir uns nur speciell mit der Gescichte der Dampfmaschine auf deutschem Boden befassen, so dürfen wir zunächst den allbekannten Marburger Professor Dionysius Papin nicht unerwähnt lassen. Denn obgleich dessen Verdienste um die erste Anregung zur Erfindung der Dampfmaschine, ja auch wohl um die Erfindung der Dampfmaschine selbst allgemein bekannt sind, so sind doch auch gerade in neuerer Zeit manche Details der Papin'schen Arbeiten mehr aus dem Dunkel der Vergangenheit hervorgezogen worden und dürften Manchem wenigstens noch neu sein.

Papin, 1647 zu Blois geboren, war der Sohn eines protestantischen Pastors. Er hatte zu Paris Medizin studirt, sich aber dann mit grosser Vorliebe den physikalischen Wissenschaften gewidmet; 1665 ging er nach England, wo er sich durch mehrere ausgezeichnete physikalische Arbeiten eine Stelle bei der Königlichen Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft erwarb.

Inzwischen wurde das Edict von Nantes aufgehoben, alle Protestanten aus Frankreich vertrieben und so auch Papin die Rückkehr in seine Heimath abgeschnitten.

Im Jahre 1687 fand er durch den Landgrafen Carl von Hessen Anstellung als Professor der Physik in Marburg.

Schon in England hatte Papin sich mit dem Studium des Wasserdampfes beschäftigt und hatte die richtige Erklärung der in einem fest verschlossenen Kochtopfe auftretenden Dampfspannung in der Elasticität des Dampfes gefunden; auch die Eigenschaft des Wasserdampfes, sich durch Abkühlen wieder zu Wasser zu verdichten und dadurch in einem geschlossenen Gefässe einen luftleeren Raum zu bilden, war ihm schon vollständig bekannt. Dieser Papin war der erste, welcher die volle Bedeutung der Dampfkraft voraussah und im Geiste die grosse Rolle ahnte, welche deren Anwendung einst spielen würde.

In Marburg construirte er zuerst einen Apparat, um die vorerwähnten Eigenschaften des Wasserdampfes als Kraftmaschine nutzbar zu machen. Eine Beschreibung dieses Apparates findet sich in den „Acta eruditorum“ vom Jahre 1690, sowie noch ausführlicher in einem Briefe an den Grafen Zinzendorf. Letzterer hatte sich an Papin gewandt, um sich Rath zu erbitten,

auf welche Weise er am besten das Wasser aus einem Bergwerke in Böhmen herauspumpen könnte. Gerade der Antwortbrief auf jene Anfrage giebt höchst interessante Aufschlüsse über die Ideen Papin's und erlaube ich mir, einige Stellen aus demselben im Auszuge wiederzugeben, was um so eher gestattet sein mag, da dieses Briefes in den Werken über die Geschichte der Dampfmaschine sonst nicht oft erwähnt wird. Also Papin schreibt: „Da der durch Feuer erzeugte Wasserdampf die Eigenschaft hat, ebenso wie die Luft eine Federkraft auszuüben und durch Abkühlung wieder zu Wasser zu verdichten, so dass auch nicht die Spur dieser Federkraft übrig bleibt, glaube ich, dass es nicht schwierig sein würde, Maschinen zu machen, in welchen vermittelst eines Feuers mit nicht zu grossen Kosten die Kräfte des Wasserdampfes nutzbar gemacht werden könnten.

Unter verschiedenen Constructionen, die man zu diesem Zwecke ersinnen kann, erscheint mir folgende als die beste: (folgt die Beschreibung des bekannten Papin'schen Apparates).

Mein Versuchsrohr hat nur 2½ Zoll Durchmesser und ist im Stande, 60 Pfund zu heben, wozu ein mittelmässiges Feuer binnen 1 Minute den nöthigen Dampf erzeugen kann. Bei einem Durchmesser von 2 Fuss wiegt die Luftsäule, welche bei dem Niedergange des Kolbens auf denselben drückt, etwa 8000 Pfund, macht man nun die Höhe desselben 4 Fuss und das Feuer verhältnissmässig gross, so würden unzweifelhaft auch nur wenige Minuten genügen, das enorme Gewicht von 8000 Pfund 4 Fuss hoch zu heben.

Am besten würde man nun mehrere solcher Kolbenröhren oder Cylinder neben einander stellen und das Feuer in einem eisernen Kasten auf Rädern von einem Cylinder zum anderen fahren.

Es würde zu weit führen, hier aus einander zu setzen, in welcher Weise die so entwickelten grossen Kräfte nutzbar gemacht werden könnten, — sei es, um Wasser aus den Bergwerken zu pumpen, um Bomben zu werfen, — oder um gegen den Wind zu rudern. Natürlicherweise müssten in jedem dieser Fälle besondere Maschinen construirt werden, je nach dem Zwecke derselben angepasst.

Doch kann ich nicht umhin, wenigstens beiläufig zu erwähnen, wie diese Dampfkraft ganz besonders geeignet wäre, um Schiffe vorwärts zu treiben und mit grosser Schnelligkeit auf dem Meere zu fahren. Natürlich würden mit solchen Maschinen keine gewöhnlichen Ruder bewegt werden können, man müsste sich drehende Ruder-Räder anwenden, in der Weise, wie der Kurfürst Robert vor einiger Zeit sich solche an einem Schiffe in London hatte anbringen lassen, indem mittelst Pferden die am Ende einer drehbaren Axe befestigten Ruder bewegt wurden.

Diese Maschine arbeitete so gut, dass das Schiff sogar die Barke des Königs weit hinter sich zurück liess, die doch von 16 der besten Ruderer getrieben wurde.“

Papin beschreibt dann, auf welche Weise die Kraft seiner Dampfkolben auf die drehende Welle übertragen werden könnte und sagt zum Schluss: „Es würde nur darauf ankommen, eine Fabrik einzurichten, in welcher Maschinen der beschriebenen Art in grösserem Massstabe ausgeführt werden könnten, und zweifle ich nicht, dass dieselben sich hinreichend billig herstellen liessen.“

Man sieht, Papin hatte die Idee der Dampfmaschine sich schon vollständig im Geiste ausgemalt, gerade so, wie sie 1½ Jahrhunderte später zur Anwendung kam.

Auch zu Versuchen in grösserem Massstabe ging Papin über, doch da boten sich der Ausführung von Maschinen nach seiner vorhin entwickelten Idee so viele Schwierigkeiten, die für die ausführende Mechanik der damaligen Zeiten als unüberwindlich gelten mussten, dass er selbst schliesslich an der Durchführbarkeit verzweifelte, und als ihm einige Jahre nachher von seinen englischen Freunden die Zeichnung des Savery'schen Pumpenapparates zugesandt wurde, den sich dieser im Jahre 1698 hatte patentiren lassen, kam Papin zu der Ansicht, dass er sich mit der Idee seiner Kolbenmaschine auf dem Irrwege befunden, und dass es Savery sei, der die Sache beim praktischen Ende erfasst habe.

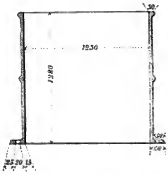
Er gab sich sofort ans Experimentiren mit dem genannten Apparate, und noch heute ist das von Papin gefertigte Modell eines solchen vorhanden, welches die gegen Savery's Anordnung wesentliche Verbesserung zeigt, dass Papin zwischen dem zu hebenden kalten Wasser und dem auf dasselbe drückenden Dampf einen hohlen Schwimmerkolben eingeschaltet hatte, der die schädliche Abkühlung des Dampfes wesentlich herabminderte.

Um diese Zeit hatte der Landgraf Carl von Hessen das Project erfasst, Cassel durch einen Schifffahrtscanal mit der Weser zu verbinden. Wie bekannt, liegt Cassel an der ebenfalls schiffbaren Fulda, die sich bei Münden in die Weser ergiesst und so schon eine natürliche fahrbare Verbindung mit letzterer ergiebt; doch hatte die Stadt Münden derzeit das ausschliessliche Stapelrecht. Alle die Stadt passirenden Waren mussten nach jenem Rechte dort umgeladen werden und nur Mündener Schiffer durften sie weiter befördern.

Der vorerwähnte Canal hatte den Zweck, dies lästige Hemmniss für den ganzen Verkehr zu umgehen, indem er über Hofgeismar bei Stammen in die Diemel führen sollte, welche letztere bei Carlshafen ein gutes Stück unterhalb Münden ebenfalls in die Weser einfliesst. Diesem Canale fehlte jedoch der natürliche Wasserzufluss, und Papin, von dem vielleicht auch das ganze Canalproject herrührte, hatte sich anheischig gemacht, ihn auf die Höhe von Hofgeismar durch grosse Pumpmaschinen mit dem nöthigen Wasser zu versorgen. Von dem theilweise schon fertig gestellten Canale sind jetzt noch Spuren zu erkennen, und zu der betreffenden Pumpmaschine war jener Dampfcylinder angefertigt, der unter dem Namen „Papin's Dampfcylinder“ bekannt ist, denn bis zum Jahre 1869 war er auf dem Hofe

der Henschel'schen Maschinenfabrik mit der Inschrift „Papin's Dampfcylinder" aufgestellt. Fig. 1.

Fig. 1




Später schenkte ihn der Geh. Commerzienrath Henschel dem Museum in Cassel und augenblicklich befindet er sich in London, wohin er im vorigen Jahre zu der dort stattgefundenen grossen Ausstellung physikalischer Apparate gesandt wurde.

Gegossen ist dieser Cylinder im Jahre 1706 oder 1707 auf der Landgräfl. Eisenhütte zu Veckerhagen an der Weser und kann wol mit Recht als ein ganz respectables Stück damaliger Giesskunst angesehen werden.

Im Anschlusse an das zuvor Mitgetheilte wird in den, diesen Gegenstand behandelnden neueren Schriften die Ansicht aufgestellt, Papin habe jene Pumpmaschine nach dem Savery'schen Systeme auszuführen beabsichtigt, und das schon erwähnte Modell sei eben das Modell zu dieser Anlage gewesen. In jenem Cylinder hätten wir nach dieser Ansicht das betreffende Condensations-Druckgefäss vor uns.

Diese Annahme scheint mir jedoch, nach der ganzen Gestalt des Cylinders zu urtheilen, wenig begründet; es ist dies Gussstück zu einem derartigen Condensator wenig geeignet; als solcher müsste er nicht nur einen Boden, sondern auch einen luft- und dampfdicht schliessenden Deckel erhalten, der aber wol kaum an jenem nur einseitig mit Flansch versehenen Cylinder dichtschliessend anzubringen wäre.

Betrachten wir vielmehr die Zeichnung genauer, so fällt uns sofort die ganz ausserordentliche Aehnlichkeit mit dem Cylinder einer Newcomen'schen Kolbenmaschine auf.

Ebenso wie Papin s. Z. die Zeichnung der Savery'schen Maschine von London erhalten hatte, ist auch anzunehmen, dass dessen dortige Freunde, die ja sein lebhaftes Interesse an der Anwendung der von ihm wenigstens zuerst wissenschaftlich analysirten Dampfkraft kannten, ihm auch die Zeichnung der 1705 Newcomen patentirten Maschine gleich zusandten.

Wie vorhin erwähnt, fällt die Herstellung des Papin'schen Cylinders in die Jahre 1706 oder 1707; es erscheint daher im höchsten Grade plausibel, dass, nachdem Papin von dem Newcomen'schen Patente Kenntniss erhalten, er hierdurch sofort wieder seiner eigenen zuerst angeregten Idee einer Kolbenmaschine zugewandt wurde.

Die Ausführung einer Newcomen'schen Maschine in England verzögerte sich bis 1712. Ist man nun berechtigt, den Papin'schen Cylinder als für eine wirkliche Kolbenmaschine bestimmt anzusehen, so würden wir demgemäss auch den ersten wirklichen Dampfcylinder, der überhaupt ausgeführt worden, darin anerkennen müssen.

Leider kam damals auch die Papin'sche Pumpmaschine nicht zur Vollendung, es hatte damit folgende Bewandtniss:

Als geborener Franzose war Papin auch nicht ganz frei von manchen der nationalen Eigenthümlichkeiten seiner Landsleute, und so hatte er sich wol ebenso sehr durch eine gewisse Arroganz wie auch durch seine positiven hervorragenden Kenntnisse eine Menge Feinde und Neider am Casseler Hofe zugezogen, welche sich bereits lange bemüht hatten, ihm die Gunst des Landgrafen zu entziehen und ihn selbst bei demselben als einen Charlatan und Projectenmacher hinzustellen. Eine im Jahre 1707 in Papin's Laboratorium stattfindende Explosion, die sich gerade an dem Tage ereignete, an dem der Landgraf ihm daselbst einen Besuch abstatten wollte, gab den Einflüsterungen seiner Feinde scheinbare Grundlage und zog ihm die Ungnade des Landgrafen zu, dessen Zorn so gross war, dass es Papin für gerathen hielt, seine Arbeiten im Stich zu lassen und sich selbst aus dem Staube zu machen.

Schon seit einiger Zeit hatte er an dem Bau eines kleinen Dampfschiffes auf der Fulda gearbeitet; auf diesem Boote schiffte er sich schleunigst mit Familie und Habseligkeiten ein und fuhr der Weser zu, um womöglich wieder nach England hinüber zu gelangen. Doch in Münden angekommen, wollten ihn die dortigen Schiffer auf ihr Recht fussend nicht passiren lassen, er gerieth mit denselben in Streit und die Schiffer, die ihn wahrscheinlich auch als den verhassten Erbauer des ihre Stadt umgehenden Canales kannten, schlugen sein Schiff und seine Habe in Trümmer, so dass er nur mit Mühe das nackte Leben nach England rettete. Die Zerstörung des Papin'schen Dampfschiffes, über dessen Construction leider auch nicht die geringste Angabe erhalten geblieben ist, geschah nach actenmässiger Feststellung am 12. September 1707.*)

In diesen Arbeiten Papin's hätten wir also die allerersten Anfänge der Anwendung der Dampfkraft, nicht nur in Deutschland, sondern auch überhaupt vor uns.

Wir müssen nun einen langen Zeitraum von 75 Jahren überspringen, bis weitere Arbeiten nach dieser Richtung in Deutschland zu vermelden sind.

Nachdem die Newcomen'sche Feuermaschine zur Wasserhaltung in den englischen Bergwerken, namentlich in Wales schon grosse Verbreitung gefunden, war inzwischen durch James Watt und Andere die Erfindung der Dampfmaschine gleichsam zum Abschluss gebracht, und es hatte dieser für die ganze Menschheit sich später als so ungemein Segen bringende Apparat schon eine so vollkommene Gestalt erhalten, dass selbst bis zur Neuzeit hin weitere Verbesserungen von nur verhältnissmässig untergeordneter Bedeutung möglich wurden, und im grossen Ganzen heute noch immer die

*) Vgl. hierüber auch Bd. XX, S. 461. D. Red. (R. Z.)

von Watt aufgestellten Principien als massgebende gelten.

Obgleich ich eigentlich über die ersten Dampfmaschinen Deutschlands berichten wollte, so erscheint es doch geboten, auch die Geschichte der Einführung derselben in den übrigen Ländern wenigstens in kurzen Umrissen vorzuführen; denn solche vergleichende Anhaltepunkte zur Beurtheilung der ganzen Sachlage gehören wol nothwendig hierhin.

Watt's erstes Patent datirt vom Jahre 1769. Die Firma Boulton & Watt führte im Jahre 1776 die erste grössere Dampfmaschine von 50 Zoll Kolbendurchm. für ein Walzwerk zu Tipton in Staffordshire aus. Das Jahr 1782 ist wol als die Zeit zu betrachten, wo die Maschinen der genannten Fabrik im Wesentlichen ihre bekannte vollkommene Gestalt erhielten, an welcher später nur noch geringe Modificationen vorgenommen wurden. In demselben Jahre 1782 lieferte Watt die erste Dampfmaschine für eine Manchester Baumwollspinnerei. In London waren schon nach wenigen Jahren alle Bierbrauereien mit Dampfpumpwerken versehen, und 1786 kam dort die erste Dampf-Mahlmühle in Betrieb, 1792 die erste Maschine für ein Birminghamer Walzwerk.

Die Vollendung und Durchführung der Erfindung der Dampfmaschine vollzog sich also durch Watt in England, und da ist es denn auch bei der anerkannten, natürlichen Begabung der Engländer für mechanische Arbeiten und Maschinerien sehr natürlich, dass mit der Anwendung der Dampfkraft auch der neue Industriezweig des Dampfmaschinenbaues in England sich zunächst ausbreitete und entwickelte, ja im Anfange von den Engländern fast ausschliesslich festgehalten wurde. So gab es denn zu Ende des vorigen Jahrhunderts, als Watt's Patente abliefen (dieselben waren bis zum Jahre 1800 verlängert), dort schon eine ganz ansehnliche Anzahl bedeutender Dampfmaschinen-Fabriken, ich erwähne nur Hornblower, Murray in Leeds, Trevethik & Vivian, Cartright, Maudslay, Sadler, Penn.

Hinter England blieben auch die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Frankreich und Belgien nicht weit zurück. Im erst erwähnten Lande übte Oliver Evans zu Philadelphia den grössten Einfluss zur Weiterentwickelung des Dampfmaschinenbaues aus, er war der Erfinder der Hochdruckmaschine, schon im Jahre 1785 hatte er eine kleine einfachwirkende Hochdruckmaschine hergestellt, 1801 baute er die erste doppeltwirkende Hochdruckmaschine, 1804 eine solche mit Expansion. Von ihm stammt auch der bekannte Evans'sche Balancier oder Grashopperbeam, wie ihn die Amerikaner nennen.

In Frankreich legten die Gebr. Perier zu Paris schon im Jahre 1778 eine Maschinenfabrik für Dampfmaschinenbau an und führten die für damalige Zeit grossartigen Wasserpumpwerke der Stadt Paris aus.

In Belgien war es der Engländer John Cockerill, der die erste Maschinenfabrik baute und damit den Grund zu dem berühmten grossartigen Werke in Seraing legte.

Dem gegenüber sehen wir, wie Deutschland weit im Rückstande bleibt. Die ersten Anfänge der Maschinenfabrikation datiren dort erst aus den Jahren 1818 und 1819, wie denn überhaupt Deutschland eigentlich erst in den letzten 25 Jahren jene grossen Fortschritte in Einführung maschineller Vorrichtungen und Betrieb der Industrie gemacht hat, die wir jetzt aufzuweisen haben.

Es bleibt eine für Deutschland nicht wegzuleugnende Thatsache, dass, trotzdem die technischen Wissenschaften sich hier einer vielleicht besseren Pflege als anderwärts zu erfreuen haben, die gesammte Industrie noch an einer gewissen unreifen Jugendlichkeit laborirt, wozu in den letzten Jahren auch noch die Folgen einer in der Schwindelzeit stattgefundenen allzuweitgehenden Ueberstürzung in Anlage neuer Werke und Vergrösserung der alten hinzugetreten sind.

In dieser grossen Jugendlichkeit und unverhältnissmässig raschen Entwickelung der deutschen Industrie ist namentlich auch der Grund der durchschnittlichen geringeren Leistungsfähigkeit der deutschen Industriearbeiter zu finden. In jenen alten Industrieländern, wo die Anfänge derselben schon im vorigen Jahrhundert sich mächtig entwickelten und sich dann in steter Progression weiter entfalteten, hielt dieselbe annähernd gleichen Schritt mit dem Heranwachsen der industriellen Arbeiterbevölkerung, und zum bei weitem grössten Theile finden wir dort einen Arbeiterstamm, dessen Grossväter schon in dem betreffenden Industriezweige erzogen wurden.

Die Darwin'sche Rassenentwickelung hat dabei die von jedem Fachkundigen, der die Industrie jener Länder eingehend studirte, auffallende nicht zu unterschätzende Wirkung in ganz bedeutender Hebung der Arbeitsleistung hervorgebracht, zu deren Erreichung bei uns in Deutschland wol noch manche Jahrzehnte nothwendig sein werden.

Doch kommen wir nach dieser Abschweifung auf die ersten Dampfmaschinen in Deutschland zurück.

Ebenso wie in England war es auch in Deutschland der Bergbau, welcher die erste Veranlassung zur Anwendung der Dampfkraft gab. Doch während in anderen Ländern der Privatunternehmungsgeist die für jene Zeit oft grossartigen Dampfmaschinen-Anlagen ins Leben rief, war ersterer damals in Deutschland noch sehr wenig rege; unsere Urgrossväter steckten eben zum grossen Theil noch tief bis über die Ohren in Schlafmütze, Perrücke und Zopf.

So kam es, dass die Anregung zur Anlage der ersten Dampfmaschine in Deutschland nicht von Privaten, sondern von der Regierung und zwar der Bergbehörde ausging, vielleicht sogar von dem damals regierenden Friedrich dem Grossen selbst; wenigstens liegt der von ihm eigenhändig unterzeichnete Specialbefehl vor, durch welchen die Anlagen jener ersten Dampfmaschine für den Schacht Friedrich Wilhelm des königlichen Kupfer-

bergwerkes bei Hettstedt im Mansfeldschen angeordnet wurde. Eigenthümlich ist es, dass die Kosten derselben laut diesem Befehl aus dem Landes-Meliorationsfond bestritten werden sollten.

Der Erbauer dieser ersten Maschine war der Bergassessor Bückling. Im Jahre 1782 ging er nach England namentlich Wales zu dem Zweck des Studiums der dortigen sogenannten Feuermaschinen; 1783 zurückgekehrt, fertigte er dann zuerst ein Modell im Kleinen an, wonach der Bau der Maschine im Grossen ausgeführt wurde. Am 25. August 1785 konnte sie in Betrieb gestellt werden, und zwar waren alle Theile derselben im Inlande hergestellt.

Dieser bahnbrechenden ersten Maschine folgten bald noch mehrere, die von der Bergbehörde auf königlichen Gruben aufgestellt wurden, die zweite kam am 4. April 1788 auf der Bleierzgrube Friedrich bei Tarnowitz in Oberschlesien in Betrieb. Dann einige in der Magdeburger Gegend — auf dem Salzwerk Schönebeck — in Langenweddingen und auf den anhaltischen Gruben, theilweise schon von sehr grossen Dimensionen.

Von der Maschine auf dem Schönebeck'schen Gradirwerk existirt eine gedruckte Beschreibung nebst Kupfertafel verfasst von einem Herrn Karl Schloenbach und gedruckt im Jahre 1800 bei Christian Keil in Magdeburg.

Da diese im Jahre 1793 durch Bergassessor Bückling in Betrieb gestellte Maschine wohl als Typus der Bückling'schen Maschinen gelten darf, und zudem eine im Jahre 1800 veröffentlichte Dampfmaschinen-Beschreibung immerhin wohl Interesse verdient, erlaube ich mir hier einen Auszug daraus mitzutheilen.

(Schluss folgt.)

# Das Brennen von Ziegeln im Ringofen.

Von Dr. **Ferd. Fischer.**

(Vorgetragen in den Sitzungen des Hannoverschen Bezirksvereines am 15. und 22. März 1878.)

Die ältesten Baudenkmäler aus Ziegelsteinen sind in Egypten aufgefunden; so wurde durch die neuesten Nachforschungen festgestellt, dass der aus Ziegeln hergestellte Belustempel die Höhe eines Stadiums (200$^m$) gehabt hat, und dass er von einer 8 Meilen langen Mauer umgeben war. Das Alter dieser Bauwerke wird auf 12000 Jahre geschätzt. Auch einige Pyramiden wurden ganz aus Ziegeln hergestellt; eine solche von König Asychis erbaute trägt eine Steintafel mit folgender Inschrift: „Halte mich nicht gering im Vergleich mit den steinernen Pyramiden, denn ich rage vor ihnen ebenso hervor wie Zeus vor den Göttern. Denn mit der Stange in den See stechend, sammelten sie, was von Schlamm an der Stange hängen blieb, strichen Ziegel daraus und erbauten mich auf solche Weise.“ Aus Nilschlamm fertigten die Egypter ferner keilförmige Ziegel zur Herstellung der ältesten bekannten Gewölbe, deren Alter bis etwa 3000 Jahre v. Chr. hinaufreicht.

Massenhafter noch wurden gebrannte Steine in Babylon verwendet. „Wolan, lasset uns Ziegel streichen und brennen“, sprachen die Babylonier bei dem bekannten Thurmbau und nahmen Ziegel zu Stein und Thon zu Kalk. Nach Herodot war Babylon mit einem Graben und einer Mauer von 50 Ellen Breite und 200 Ellen Höhe umgeben. „Während sie den Graben gruben, fertigten sie zugleich Ziegel aus der Erde, die aus den Gruben geworfen ward, und nachdem sie eine hinreichende Zahl von Ziegeln gestrichen hatten, brannten sie dieselben in Oefen.“ Die Herstellung von Backsteinen hatte demnach hier bereits 3000 v. Chr., wie man aus der schönen, lebhaft gefärbten Glasur der in den Ruinen Babylons gefundenen Ziegel schliessen muss, eine solche Vollkommenheit erreicht, dass die Erfindung der Ziegelbrennerei um noch einige Jahrhunderte älter sein muss als die Gründung der Stadt. Auch in China, Japan und Hinterindien sind Ziegelsteine seit undenklichen Zeiten im Gebrauch.

Griechen und Römer verwendeten allgemein Ziegelsteine; Vitruv bespricht ausführlich getrocknete Lehmsteine (lateres) und gebrannte Ziegelsteine (testae). Von Rom aus verbreitete sich der Backsteinbau über Italien, Gallien, Britannien, Spanien und Deutschland. Das älteste römische Ziegelmauerwerk in Deutschland ist am Dom zu Trier; die dazu verwendeten Ziegel scheinen aus der Zeit des Augustus zu stammen. Allgemeiner wurde in Deutschland die Herstellung und Verwendung der Ziegelsteine aber erst im 12. Jahrhundert. Von der Hansa wurden Ziegelsteinbauten ausgeführt in Antwerpen, Bergen, Petersburg, und der deutsche Ritterorden begann i. J. 1276 das Schloss von Marienburg zu bauen. Aber selbst im 17. Jahrhundert war die Ziegelfabrikation in Deutschland noch mangelhaft, erst der neuesten Zeit war es vorbehalten, nicht nur den mechanischen Theil derselben sehr zu vervollkommnen, sondern auch die Anfänge einer wissenschaftlichen Grundlage zur Beurtheilung des Thones und des Brennprocesses zu schaffen. —

Bekanntlich verlangt der Bauingenieur, dass die ihm gelieferten Ziegelsteine, abgesehen von einer passenden Form, eine gewisse Härte und Festigkeit zeigen, nicht verwittern, oft auch, dass sie eine bestimmte Farbe haben. Der Fabrikant aber wünscht dies mit möglichst geringen Kosten zu erreichen, namentlich möglichst wenig Brennmaterial zu verwenden. Die Erfüllung dieser Forderungen ist nun abhängig von der Beschaffenheit des verwendeten Thones, der beim Brennen erreichten Temperatur und von der Zusammensetzung der im Ofen entwickelten Rauchgase. (Dass auch die Art der Verarbeitung von Einfluss auf die Festigkeit der Ziegelsteine ist, zeigen die Versuche von Bauernfeind.

Hiernach beträgt das Zerdrückungsgewicht für 1qc eines gewöhnlichen, mit der Hand gestrichenen Backsteins von 1,65 bis 1,74 spec. Gewicht 137k, für gewöhnliche Maschinensteine von 1,7 spec. Gewicht 208, für auf der Maschine nachgepresste Ziegelsteine 283k, dagegen für poröse (Tuff-) Ziegel nur 45k. Rondelet und Rennie fanden für Ziegelsteine 50 bis 100k, Barlow 174k.)

Die bei der Ziegelfabrikation in Frage kommenden Thone sind Gemenge von Quarzsand, unzersetzten Mineraltrümmern und dem Verwitterungsproduct feldspathartiger Mineralien, der eigentlichen Thonsubstanz, meist verunreinigt mit Kalk, organischen Stoffen u. dgl. Die Zusammensetzung der reinen Thonsubstanz entspricht nach Fresenius der Formel $Al_2O_3$, $3SiO_3 + 2HO$, nach Brogniart und Malaguti $3Al_2O_3$, $4SiO_3 + 6HO$, nach Forchhammer und A. Terreil $2Al_2O_3$, $3SiO_3 + 6HO$, nach C. Bischof, der das eine Aequivalent $SiO_3$ frei annimmt, $Al_2O_3$, $SiO_3 + 2HO$, während H. Seger für drei Kaoline die Formel $Al_2O_3$, $2SiO_2 + 2HO$ oder $H_2Al_2(SiO_4)_2 . H_2O$ fand.

Nach H. Seger und J. Aron hatten z. B. die nachbenannten Kaoline folgende Zusammensetzung:

| Bestandtheile | | Kaolin von Ledetz | Kaolin von Kottiken | Kaolin von Tremosna | Kaolin von Zettlitz | Kaolin von Lettin | Kaolin von Kaschkau | Kaolin von Sennewitz | Masse der kgl. Porzellan-Manufactur |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thonsubstanz . | | 88,26 | 87,41 | 90,29 | 96,55 | 74,09 | 78,51 | 63,77 | 54,92 |
| Quarz . . . . . | | 3,08 | 6,40 | 4,08 | 2,30 | 17,21 | 20,90 | 35,50 | 23,52 |
| Feldspath . . . | | 8,66 | 6,19 | 5,63 | 1,15 | 8,70 | 0,59 | 0,73 | 21,56 |
| Thonsubstanz | Kieselsäure | 45,36 | 44,76 | 45,98 | 45,36 | 45,63 | 45,00 | 45,30 | 45,46 |
| | Thonerde . | 39,58 | 39,45 | 39,36 | 39,71 | 38,08 | 39,32 | 37,15 | 37,35 |
| | Eisenoxyd . | 0,92 | 0,72 | 0,73 | 1,13 | 0,88 | 0,75 | 1,29 | 1,07 |
| | Magnesia . | 0,20 | 0,34 | 0,45 | — | 0,66 | 0,28 | 0,78 | 0,73 |
| | Kali . . . . | 0,21 | 0,82 | 0,99 | 1,24 | 1,84 | 0,53 | 2,09 | 2,57 |
| | Wasser . . | 14,02 | 14,07 | 13,28 | 13,32 | 13,32 | 14,20 | 13,11 | 12,74 |

Sehr ähnlich und der letzten Formel entsprechend ist die Zusammensetzung der Thonsubstanz eine Reihe französischer und deutscher plastischer Thone, welche H. Seger untersucht hat, und von denen angeführt werden mögen: die weissen Thone von Ebernhahn (1), Baumbach (2), Bendorf (3), Lämmersbach (4) und Höhr (5), sämmtlich aus dem sogenannten Kannenbäckerlande, ferner ein magerer (6) und ein fetter (7) weisser Steinzeugthon französischen Ursprunges:

| Bestandtheile | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thonsubstanz . | | 71,22 | 76,30 | 39,71 | 66,23 | 54,73 | 44,63 | 71,54 |
| Quarz . . . . . | | 24,03 | 22,40 | 57,15 | 31,42 | 41,77 | 52,77 | 25,97 |
| Feldspathreste | | 4,75 | 1,30 | 3,14 | 2,35 | 3,50 | 2,60 | 2,49 |
| Thonsubstanz | Kieselsäure | 46,63 | 47,44 | 47,44 | 47,39 | 47,45 | 45,99 | 45,75 |
| | Thonerde . | 36,01 | 37,21 | 35,74 | 36,40 | 37,88 | 38,08 | 35,77 |
| | Eisenoxyd | 1,39 | 1,68 | 1,94 | 1,52 | 1,41 | 2,44 | 2,94 |
| | Kalk . . . | — | Spur | Spur | — | — | Spur | — |
| | Magnesia . | 0,73 | 0,79 | 0,88 | 0,51 | 0,71 | 1,19 | 0,78 |
| | Kali . . . . | 3,47 | 4,22 | 3,85 | 3,96 | 4,08 | 2,36 | 1,24 |
| | Glühverlust | 10,19 | 9,69 | 9,52 | 9,92 | 9,00 | 10,76 | 13,70 |

Wie Seger hervorhebt, giebt somit die chemische Zusammensetzung keine Anhaltspunkte zur Beurtheilung der scharf hervortretenden Verschiedenheiten in dem Grade der Plasticität, welche bei den Kaolinen bekanntlich sehr gering ist, selbst bei meist beträchtlich höherem Gehalt an reinem wasserhaltigem Thonerdesilicat. Es scheint demnach die Eigenschaft der Plasticität nicht einer bestimmten chemischen Verbindung eigenthümlich zu sein, sondern nach dem Grade der mechanischen Zertheilung und der Art der molecularen Lagerung bei Stoffen gleicher chemischer Zusammensetzung schwanken zu können, und ist der Grad der Plasticität nach Seger vielleicht bereits in der Structur der Gesteine, welchen der Thon seine Entstehung verdankt, begründet.

Weniger gut als diese reine Thonsubstanz entspricht der genannten Formel die Zusammensetzung der durch concentrirte Schwefelsäure aufschliessbaren Substanz der gewöhnlichen Ziegelthone. Nach Seger hatte der Thon von Rathenow, sowie die Klinkerthone von Bockhorn, Schwarzehütte bei Osterode und von Christiania folgende Zusammensetzung:

| Bestandtheile | | Rathenow | Bockhorn | Schwarzehütte | Christiania |
|---|---|---|---|---|---|
| Quarz . . . . . | | 27,17 | 44,06 | 50,64 | 18,33 |
| Feldspath- u. andere Mineraltrümmer . | | 12,70 | 14,06 | 19,37 | 32,64 |
| Thonsubstanz . . . | | 64,13 | 41,88 | 29,99 | 49,03 |
| Thonsubstanz | Kieselsäure . . | 25,36 | 16,27 | 13,73 | 22,01 |
| | Thonerde . . . | 16,37 | 11,85 | 6,04 | 11,40 |
| | Eisenoxyd . . | 6,66 | 6,80 | 5,34 | 6,17 |
| | Kalk . . . . | 0,85 | — | — | — |
| | Magnesia . . . | 1,00 | 1,30 | 1,36 | 2,64 |
| | Kali und Natron | 2,07 | 2,02 | 1,55 | 2,50 |
| | Wassor . . . | 8,39 | 5,30 | 2,48 | 3,61 |

Die durch Schwefelsäure aufschliessbare unreine Thonsubstanz der Ziegelthone enthält somit Calciumcarbonat, Eisenoxyd, geringe Mengen von Alkalien, Magnesia, ferner Mangan, seltener Phosphorsäure, Baryt, Titan, Gold und Vanadin.

Den Wassergehalt geben die Thone theils beim Trocknen ab, wobei sie nach Seger eine lineare Schwindung bis 11,5 pCt. zeigen, theils aber erst bei höherer Temperatur. Durch den Verlust dieses erst bei Glühhitze entweichenden Hydratwassers verliert der Thon seine Aufschlämmbarkeit sowie Plasticität dauernd und bildet eine steinartige, sehr poröse und noch leicht zerreibliche Masse. Mit steigender Temperatur wird er dichter, härter, klingend, hat aber noch einen erdigen Bruch; die Kieselsäure treibt dann die Kohlensäure, das Chlor und die Schwefelsäure aus, bildet mit den Alkalien, dem Kalk, der Magnesia und dem Eisenoxyd Silicate, und diese geben mit dem Thonerdesilicat leichtflüssige Doppelsilicate, der Thon sintert mehr und mehr, bis er schliesslich völlig schmilzt. Obgleich das specifische Gewicht der Thonsubstanz nach den Versuchen von Laurent beim Erhitzen von 100° bis Dunkelrothgluth von 2,47 bis 2,70 steigt, dann aber bei Weissgluth wieder auf 2,48 fällt, nimmt doch die Dichte der ganzen Ziegelsteine durch Abnahme der Poren mit steigender Temperatur zu. Karmarsch fand, dass frisch geformte Steine von 262mm Länge, 130mm Breite und 61mm Dicke schwanden:

| | Länge | Breite | Dicke |
|---|---|---|---|
| Durch Trocknen . . . . . . . . . | 7,25 | 10,75 | 9,75 pCt. |
| Durch Trocknen und schwaches Brennen | 8,50 | 13,00 | 14,75 „ |
| Durch starkes Brennen zu Klinker . . | 11,75 | 23,00 | 19,75 „ |

Aron fand eine lineare Schwindung von 0,3 bis 4,1 pCt. bei Rothgluth und 1,2 bis 8 pCt. bei Weissgluth; die Steine schwanden um so weniger, je gröber die Korngrösse des darin enthaltenen Quarzsandes war. Thon von Grünstadt zeigte bei 650° noch keine Schwindung, 0,7 bei 800°, 4,7 bei 900°, 6,5 bei 950° und 7,3 pCt. Schwindung bei 980°. F. W. Daube fand beim Trocknen und Brennen eines Thones folgende Abnahmen des Gewichtes und Volumens.

| | Gewichtsverlust pCt. | Gesammte lineare Schwindung pCt. |
|---|---|---|
| Nach dem Trocknen an der Luft nach 1 Tag | 11,7 | 5,0 |
| " " " " " " " 2 " | 16,1 | 5,6 |
| " " " " " " " 20 " | 19,8 | 6,4 |
| Nach dem Trocknen bei 150° . . . . . . | 22,0 | 6,7 |
| Nach dem Brennen, schwach gebrannt (roth) | 28,4 | 6,7 |
| " " " mittelhart . . . . . | 29,0 | 6,9 |
| " " " hart (weiss) . . . . | 29,6 | — |
| " " " zu Klinker (grün) . . | 29,6 | 8,8 |

Wie sehr die Porosität und die Widerstandsfähigkeit der aus demselben Thone hergestellten Ziegelsteine von der beim Brennen angewendeten Temperatur abhängen, bestätigen die weiteren Versuche von Daube, deren Resultate in folgender Tabelle zusammengestellt sind.

| | schwach gebrannt | mittelhart gebrannt | hart gebrannt | Klinker |
|---|---|---|---|---|
| Aufnahme von Feuchtigkeit an der Luft pCt. | 0,4 | 0,08 | 0 | 0 |
| Desgleichen beim Eintauchen in Wasser . . | 16,2 | 16,5 | 16,4 | 1,6 |
| Desgleichen in kochendes Wasser . . . . | 18,0 | 19,3 | 19,0 | 2,6 |
| Hierbei in Wasser gelöst ($CaSO_4$) . . . | 0,7 | 0,2 | 0,15 | 0,09 |
| Gewichtsverlust in 10proc. Salzsäure . . | 8,5 | 8,0 | 7,4 | 2,5 |
| Desgleichen in Salpetersäure . . . . . . | 5,0 | 4,9 | 4,0 | 0,6 |
| Gewichtszunahme in Schwefelsäure durch Bildung von $CaSO_4$ . . . . . . | 1,2 | 1,2 | 0,9 | 0,8 |

Nach dem Behandeln mit Salzsäure zeigten die schwach und mittelhart gebrannten Steine starke Risse, die hart gebrannten nur feine Risse, während die Klinker unverändert geblieben waren.

Ueber den Einfluss der Zusammensetzung des Thones auf sein Verhalten in höheren Temperaturen haben namentlich C. Bischof und in neuester Zeit F. Seger umfassende Versuche angestellt. Schon Richters hatte gezeigt, dass äquivalente Mengen der als Flussmittel auftretenden Basen auf die Schmelzbarkeit der Thone einen gleichen Einfluss ausüben, unter der Voraussetzung, dass sämmtliche Basen bereits als Silicate vorhanden sind. (Vgl. Bd. XIV, S. 134 und Bd. XVIII, S. 746 d. Z.) Bischof hebt hervor, dass das Schmelzen der Thone in der Bildung von Doppelsilicaten und Thonerdesilicat einerseits und einer kieselsauren Base andererseits besteht, die entweder Magnesia, Kalk oder Eisen, Kali oder Natron sein kann. Reines Thonerdesilicat ist in unseren gewöhnlichen Feuerungen schon unschmelzbar; es ist um so schwerer schmelzbar, je mehr Thonerde es enthält. Kommt dazu eine der genannten Basen, so nimmt mit deren Menge die Schmelzbarkeit stetig zu und zwar um so stärker, je mehr (bis zu einem gewissen Grade) gleichzeitig der Kieselsäuregehalt wächst. Berechnet man aus der Gesammtanalyse eines Thones, wie viel Thonerde auf 1 Aeq. Flussmittel (Flussmittelverhältniss) und wie viel Kieselsäure auf 1 Aeq. Thonerde kommt (Kieselsäureverhältniss), so ist der durch Division des meist kleineren Kieselsäurewerthes in den Flussmittelwerth erhaltene Quotient der Feuerfestigkeit proportional.*) Die von Seger ausgeführte Bestimmung der näheren Bestandtheile eines Thones hält Bischof für unwesentlich gegenüber der Gesammtanalyse; als entscheidend zur pyrometrischen Beurtheilung verlangt er auch für Ziegelthone eine möglichst gesteigerte Prüfungshitze.

H. Seger führt dagegen aus, dass, wenn es überhaupt gelänge, aus der chemischen Zusammensetzung eines Thones Schlüsse auf die Schmelzbarkeit desselben zu ziehen, diese nur dann zutreffen können, wenn derselbe sich in einem solchen Zustande befindet, dass man ihn als eine chemisch homogene Masse ansehen kann, wenn er also völlig geflossen ist. Die chemische Analyse wird aber um so weniger einen sicheren Massstab für die Beurtheilung abgeben können, je weniger Substanz des Thones sich wirklich verflüssigt hat, je weiter die Zusammensetzung dieses Theiles demnach von der Zusammensetzung des Thones als Ganzes abweicht.

Es ist offenbar schwer, die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung und der Schmelzbarkeit der Thone wissenschaftlich festzustellen, weil manche Momente, welche die Schmelzbarkeit beeinflussen, nach ihrem Wirkungswerthe unbekannt sind (z. B. der Einfluss der physikalischen Zustände, die Art der Flussmittel, ob sie aus Kali, Natron, Kalk, Eisenoxydul und in welchem gegenseitigen Verhältniss zu einander bestehen) und deshalb unberücksichtigt bleiben müssen. Es folgt daraus, dass die Schmelzbarkeit theoretisch immer nur sehr annäherungsweise wird festgestellt werden können, um so mehr als ein Schmelzpunkt der Thone sich überhaupt nicht mit Sicherheit als solcher feststellen lässt. Immerhin gewährt doch die Bischof'sche Methode einen Anhalt für eine relative Vergleichung und erhält dadurch ihren Werth; ihr Werth wird aber ganz entschieden noch vergrössert — ihr völliges Zutreffen für alle Silicatverbindungen vorausgesetzt — wenn man sie nicht auf das mechanische Gemenge, den Thon, sondern auf die einzelnen Bestandtheile, die Thonsubstanz, die Quarz- und Mineraltrümmer und sonstigen Gemengtheile einzeln verwendet, die, für sich betrachtet, homogene chemische Verbindungen von bestimmtem Schmelz-

*) Für den erwähnten Zettlitzer Kaolin ergiebt sich z. B. für 1 Flussmittel 12,82 Thonerde, 17,30 Kieselsäure und auf 1 Thonerde 1,35 Kieselsäure, als pyrometrische Formel daher 12,82 ($Al_2O_3$, 1,35 $SiO_2$) + RO und als Feuerfestigkeitsquotienten (F.Q) = 12,82 : 1,35 = 9,49. Wird diese Zahl zum echten Bruch, so rechnet Bischof die Thone nicht mehr zu den feuerfesten: er bildet dann aus den Zahlen einen anderen Quotienten, indem er das Thonerdeverhältniss mit dem Kieselsäureverhältniss multiplicirt. Das so entstehende Product, mit dessen Grösse die Schmelzbarkeit wachsen, mit dessen Verminderung die Schmelzbarkeit abnehmen soll, braucht er für die nicht feuerfesten Thone und nennt es den Schmelzbarkeitsquotienten (S.Q).

punkt und bestimmten Eigenschaften darstellen, während von einem Schmelzpunkt des Thones als Ganzem eigentlich nicht die Rede sein kann. Das Bischof'sche Schmelzbarkeitsgesetz auf die Einzelbestandtheile der Thone, wie sie durch die rationelle Analyse, wenn auch nicht mit wissenschaftlicher Schärfe, doch mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit sich ermitteln lassen, gestattet wenigstens ein Urteil darüber, in welchem Verhältniss die leicht zu verflüssigenden Theile zu den nicht schmelzenden, die äussere Form erhaltenden Theilen stehen, welchen relativen Widerstand dieselben der Wirkung der Hitze entgegensetzen, und welche inneren chemischen Vorgänge, die auf den Gang der Versinterung von Einfluss sind, sich vorhersehen lassen.

Wenn wir mit Seger den Sinterungsprocess so auffassen, dass zunächst einer oder mehrere Gemengtheile des Thones ins Schmelzen gerathen müssen, um dadurch zu weiteren gegenseitigen Einwirkungen, welche als Resultat wieder flüssige Verbindungen haben, Veranlassung zu geben, während die ungeschmolzenen Bestandtheile gleichsam ein festes Gerüst bilden, das die Form der aus Thon geformten Gegenstände erhält, so müssen wir uns die Poren des Thones in hoher Temperatur als mit Flüssigkeit mehr oder weniger erfüllt denken. Ist die Menge der geschmolzenen Bestandtheile gegenüber den ungeschmolzenen eine nur geringe, so wird diese nur stärkere Erhärtung des Thones unter geringer Volumenverminderung (Schwindung) hervorrufen, ohne dass die Porosität völlig vernichtet wird. Bei steigender Temperatur, wobei immer mehr der Bestandtheile des vorher festen Gerüstes verflüssigt werden, füllen sich die Poren unter zunehmender Schwindung mehr und mehr mit glasartiger geschmolzener Substanz, bis bei dem Sinterungsgrade des Porzellans und der Klinker die Poren völlig erfüllt und geschlossen sind. Bei darüber hinausgehender Verflüssigung bilden die ungeschmolzenen Bestandtheile kein genügend festes Gerüst mehr, um die äussere Form unter dem Eigengewichte der Gegenstände zu erhalten. Bei diesem Punkte ist man vom praktischen Gesichtspunkte aus, wenn man überhaupt von einem Schmelzpunkte des Thones reden darf, an der äussersten Grenze der zulässigen Temperaturerhöhung angekommen, eine Erhitzung darüber hinaus und eine Prüfung des Verhaltens bei noch höherer Temperatur erscheint deshalb nur von geringem praktischem Werth, denn die Erhitzung des Thones geschieht immer nur unter der Voraussetzung der möglichsten Erhaltung der Form; was bei stärkerem Erhitzen eintritt, ist zwar wissenschaftlich von Werth, für die Praxis der Thonwarenindustrie aber gleichgiltig.

Ist die Erweichung des Thones durch hohe Temperatur so weit gediehen, dass wirklich die Form der gebrannten Gegenstände eine erhebliche und praktisch nicht mehr zulässige Veränderung erfahren hat, so ist damit aber noch nicht sämmtliche Substanz in den geschmolzenen Zustand übergeführt, sondern der Thon ist zunächst erst in ein breiartiges Gemisch von geschmolzenen und ungeschmolzenen Massentheilen übergeführt, in welchem die ersteren überwiegen; auch bei einem Ueberhandnehmen des Flüssigen bis zur beginnenden Tropfenbildung entspricht dann noch nicht der flüssig gewordene Theil, wie es das Bischof'sche Gesetz zur Voraussetzung hat, der chemischen Zusammensetzung des Thones, und dies um so weniger, je mehr einzelne Gemengtheile durch den grösseren oder den geringeren Grad ihrer Körnigkeit sich dem lösenden Angriff des bereits Verflüssigten entziehen.

Bezeichnet man nach der Voraussetzung Bischof's die Verhältnisse der Bestandtheile eines Thones allgemein mit $RO : a\,Al_2O_3 : b\,SiO_3$, so wäre das Kieselsäureverhältniss $= b : a$ und die pyrometrische Formel $= a\left(Al_2O_3, \frac{b}{a}\,SiO_3\right) + RO$, somit $F.Q = \frac{a^2}{b}$ und $S.Q = b$. Hieraus ergiebt sich, dass der Bischof'sche Feuerfestigkeitsquotient im Quadrate des Thonerdeverhältnisses wächst und abnimmt im einfachen Verhältniss der Zunahme der Kieselsäure, dass der Schmelzbarkeitsquotient aber einfach nur das Verhältniss der Flussmittel zur Kieselsäure ausdrückt, ohne dass der Thonerdegehalt Berücksichtigung findet. Es ist nun zwar durch die Versuche nachgewiesen, dass eine Erhöhung des Thonerdegehaltes in hohem Masse zur Erhöhung der Feuerfestigkeit beiträgt; es ist aber, wie Seger betont, der Nachweis bisher nicht geführt worden, dass dies im quadratischen Verhältniss desselben geschieht. Die Grösse des Feuerfestigkeitsquotienten ist einzig abhängig von dem Verhältniss $a^2 : b$, also einer Beziehung zwischen Thonerde und Kieselsäure; die absolute Flussmittelmenge gegenüber den nicht schmelzbaren Bestandtheilen kommt aber nicht zum Ausdruck. Bei der Gruppirung der Zahlen, welche bei leichter schmelzenden Thonen den Schmelzbarkeitsquotienten ergiebt, wird aber die Beziehung, in welcher die Thonerde zu den anderen Bestandtheilen steht, gänzlich aus dem Ausdrucke ausgeschieden. Die Bischof'schen Zahlen können somit nur zur Vergleichung ähnlich zusammengesetzter Thone dienen und dann erst bei Temperaturen, bei denen die Praxis meist kein Interesse mehr hat, das Verhalten des Thones kennen zu lernen.

Sofern man nach den von Bischof und Richters angestellten Versuchen Schlüsse auf die Feuerfestigkeit von Thonerdesilicaten, und zwar in erster Linie auf feste chemische Verbindungen (Thonsubstanz der Kaoline, Feldspath u. a.), dann mit weniger zuverlässigem Resultat für sehr innige Gemenge, bei welchen der physikalische Zustand der chemischen Action keine grössere Schwierigkeiten entgegensetzt (Thonsubstanz der unreineren Thone), ziehen darf, kann dies nur so geschehen, dass man die Flussmittel der Summe der nicht schmelzbaren Bestandtheile (Thonerde und Kieselsäure) gegenüberstellt und diese Summe der nicht schmelzbaren Bestandtheile mit dem Verhältniss der Thonerde durch die Kieselsäure multiplicirt, wodurch zum Ausdruck kommt, dass die Feuerfestigkeit sich vergrössert in dem Masse, als der Thonerdegehalt, und sich verringert in dem Masse, als der Kieselsäuregehalt zunimmt. Es wird

dies indessen nicht im einfachen Verhältniss von deren Mengen geschehen können, da ja diese beiden Stoffe in verschiedenem Masse die Schmelzbarkeit beeinflussen, sondern das Verhältniss Thonerde : Kieselsäure wird mit einem Coefficienten $y$ zu versehen sein, welcher ausdrückt, um wieviel grösser der Wirkungswerth der Thonerde ist als der der Kieselsäure. Der ganze Ausdruck wird endlich mit einem weiteren Coefficienten $x$ zu multipliciren sein, welcher den Einfluss ausdrückt, der durch Zahl und Natur der verschiedenen Flussmittel hervorgebracht wird, da dieselben in verschiedener Combination mehr oder weniger auf Verflüssigung hinwirken.

Man kann hiernach einen zahlenmässigen Ausdruck für die Schmelzbarkeit nur in der Weise gewinnen, dass man die durch die Analyse gefundenen Werthe in folgender Weise zusammenstellt:

$$F.Q = x\left[(a+b)\, y\, \frac{a}{b}\right],$$

wobei $a$ wieder das Verhältniss der Thonerde, $b$ das der Kieselsäure zu den Flussmitteln als Einheit ausdrückt. Ueber die Grösse der Zahlen $x$ und $y$ geben die bisherigen Untersuchungen keinen Aufschluss. Man wird deswegen unter Fortlassung dieser variablen Unbekannten auch gleichfalls nur einen zu relativen Vergleichen brauchbaren Ausdruck gewinnen können, der jedoch wenigstens das, was als unumstösslich durch das Experiment festgestellt ist, ausdrückt und für alle Thonerdesilicate, gleichgiltig, ob sie schwer- oder leichtflüssig sind, brauchbar ist. Der Ausdruck für die Feuerfestigkeit des Zettlitzer Kaolins würde hiernach sein:

$$F.Q = (12{,}82 + 17{,}30)\,\frac{12{,}82}{17{,}30} = 22{,}29.$$

Von Seger ausgeführte Brennversuche zeigen, dass bei Kaolinen der Grad der Versinterung und schliesslich die Erweichung in erster Linie von der Thonsubstanz abhängig ist, dass deren Widerstand aber wesentlich von der Menge der Feldspathtrümmer und des Quarzes beeinflusst wird. Dem entsprechend haben bei den höchsten Temperaturgraden diejenigen Kaoline ihre Form erhalten, welche bei hoher Feuerbeständigkeit der Thonsubstanz frei oder fast frei von Feldspath sind, die Kaoline von Kaschkau und Zettlitz; dann kommen diejenigen, welche bei gleicher oder höherer Feuerfestigkeit der Thonsubstanz einen erheblichen Gehalt an leicht zu verflüssigender Substanz, Feldspath und Quarz u. s. w., enthalten, die Kaoline von Ledetz, Kottiken und Tremosna, endlich die in ihrer Feuerfestigkeit der Thonsubstanz niedriger stehenden von Lettin und Sennewitz, welcher letztere auch einen Bestandtheil der Porzellanmasse von Charlottenburg ausmacht. Aber nicht nur für die höchste, im Grossen nicht leicht erreichbare Temperatur, sondern besonders für die niedrigeren, wirklich angewendeten Temperaturen giebt der Gehalt an Feldspath einen Anhalt für den Gang der Verdichtung, besonders wenn man zugleich den Quarzgehalt ins Auge fasst. Die Versuche zeigen, dass der Quarz nicht allgemein als Flussmittel aufgefasst werden darf, sondern dass dessen Wirkung erst frühestens mit der Schmelzung des Feldspaths beginnt, welcher bekanntlich im feurigen Fluss Kieselsäure zu lösen vermag und dadurch das Flussmittelquantum vermehrt, dass derselbe aber bei Mangel an Feldspath oder sonstiger leichtschmelzender Substanz den Kaolinen einen hohen Grad von Feuerfestigkeit ertheilt und dann erst mit der Erweichung der Thonsubstanz selbst schmelzend wirken kann.

Bei den Kaolinen ist somit die Thonsubstanz sowol ihrer Menge, als ihrer hohen Feuerbeständigkeit nach derjenige Stoff, welcher stets bestimmt ist, die Form der daraus gefertigten Gegenstände zu erhalten, das feste Gerüst zu bilden, während die feldspathähnlichen Mineraltrümmer durch ihren relativ niedrigen Schmelzpunkt in erster Linie die Verdichtung der Masse, die Schliessung der Porenräume herbeiführen. Das stets vorhandene feine Quarzpulver bewirkt, je nach Anwesenheit oder Abwesenheit des Feldspaths, bald eine Vermehrung der Flussmittelmenge, bald eine Erhöhung der Feuerbeständigkeit. Bei den weniger feuerfesten plastischen Thonen dagegen ist der Unterschied der Schmelzbarkeit zwischen Thonsubstanz und feldspathartigen Mineraltrümmern viel geringer. Bei den untersuchten Kaolinen schwankt der Feuerfestigkeitsquotient der Thonsubstanz zwischen 36,29 und 10,29, bei den plastischen Thonen zwischen 8,70 und 3,29, während der des Feldspaths auf 1,25 zu setzen wäre. Der Einfluss des Feldspaths wird hier deshalb weniger augenfällig sein als bei den Kaolinen, und es wird auch in den niederen Temperaturen die schon früher erweichende Thonsubstanz in ihrem Einfluss auf die Verdichtung mehr hervortreten. Der Quarz dagegen wird hier noch viel weniger flussbildend auftreten als bei den Kaolinen, da bei der Mehrzahl derartiger Thone eine völlige, zur Formveränderung führende Erweichung der Thone schon unterhalb derjenigen Temperatur eintritt, bei welcher eine chemische Einwirkung des Feldspaths auf den Quarz beginnt. Der Quarz wird hier also um so mehr zur Erhöhung der Feuerbeständigkeit beitragen, um so niedriger im Ganzen genommen ein Thon in der Feuerfestigkeitsscale steht. Bei den leicht schmelzbaren Ziegelthonen ist sogar kaum ein Unterschied zwischen der Schmelzbarkeit der Thonsubstanz und den feldspathartigen Mineraltrümmern zu bemerken; unter Umständen werden diese sogar feuerfester sein als die Thonsubstanz. Hier ist namentlich der Quarz der die Form erhaltende Bestandtheil, wie aus den Brennversuchen in nachstehender Tabelle und der nachfolgenden kleinen Tabelle hervorgeht. Für die höchsten Temperaturen ergiebt sich demnach für die vier ersten Thone die Reihenfolge: Ledetz, Liegnitz, Greppin und Kottiken, nach den ersten Sinterungserscheinungen aber: Ledetz, Greppin, Kottiken und Liegnitz.

| Thon von | Unter 900 bis 1000° (Messing geschmolzen) | 1000 bis 1100° (Silber geschmolzen) | 1100 bis 1200° (Kupfer geschmolzen) | 1200 bis 1400° (Gusseisen geschmolzen) | 1400 bis 1600° (Stahl geschmolzen) | Ueber 1600° (Schmiedeeisen geschmolzen) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I Greppin | F. unverändert.<br>O. matt, porös.<br>B. erdig, ziemlich hart, weissgelb. | Kaum verändert. | F. unverändert.<br>O. mattes Lüster, gelbbraun.<br>B. fast völlig dicht.<br>K. etwas durchsch. | Wie vorher nur dunkler braun. | F. fast erhalten.<br>O. grau, brauuglänzend, warzig.<br>B. feinporig.<br>K. nicht durchsch. | F. noch erkennbar, doch stark aufgebläht.<br>K. gerundet. |
| II Liegnitz | F. unverändert.<br>O. matt, sehr porös.<br>B. erdig, weniger hart als voriger. | Kaum verändert. | F. unverändert.<br>O. matt.<br>B. erdig, stark saug., gelblich weiss. | F. erhalten.<br>O. matt, grau.<br>B. porös, körnig.<br>K. nicht durchsch. | F. etwas aufgebläht und gestaucht.<br>O. leise glasirt.<br>B. zuckerartig.<br>K. etwas gerundet. | Völlig schaumig aufgetrieben.<br>K. völlig verschwunden. |
| III Kottiken | F. unverändert.<br>O. matt, porös.<br>B. erdig, ziemlich fest, weissgelb. | Kaum verändert. | F. unverändert.<br>O. matt, weissgelb.<br>B. erdig, saugend.<br>K. nicht durchsch. | F. erhalten.<br>O. matt, weissgelb.<br>B. verdicht. kaum saug.<br>K. wenig durchsch. | F. erhalten.<br>O. kaum glänzend.<br>B. völlig dicht.<br>K. wenig durchsch. | F. völlig erhalten.<br>O. leise glasirt.<br>B. etwas porig. |
| IV Ledetz | F. unverändert.<br>O. matt, porös.<br>B. erdig, ziemlich fest, weissgelb. | Kaum verändert. | F. erhalten.<br>O. leichtes Lüster.<br>B. völlig dicht.<br>K. etwas durchsch. | F. etwas aufgebläht.<br>O. glasirt, warzig.<br>B. feinlöcherig.<br>K. stark abgerundet. | Zur grosslöcherigen schaumig. Schlacke aufgebläht. | Als graues Email ausgebreitet. |
| V Rathenow | F. unverändert, stark<br>O. matt. [saugend.<br>B. erdig, ziemlich fest, ziegelroth. | Kaum verändert, etwas dunkler roth. | F. aufgebläht.<br>O. leise glasirt.<br>B. braunr. schaumig.<br>K. völlig gerundet. | | | |
| VI (Klinker) Bockhorn | F. unverändert, stark<br>O. matt. [saugend.<br>B. erdig, ziemlich fest, ziegelroth. | Kaum verändert, etwas dunkler roth. | F. erhalten.<br>O. leise glasirt.<br>B. völlig dicht, rothbraun, glänzend. | Zum braunen Email ausgebreitet. | | |
| VII (Klinker) Schwarzhütte | O. unver., sehr porös.<br>B. erdig, wenig zusammenhängend, ziegelroth. | Kaum verändert, etwas dunkler roth. | F. völlig erhalten.<br>O. matt.<br>B. fast dicht, rothbraun, wenig glänz. | F. stark gestaucht.<br>O. glasirt.<br>B. schaumig.<br>K. völlig gerundet. | | |
| VIII Christiania | O. unverändert, porös.<br>B. erdig, ziemlich fest, fleischroth. | F. unverändert.<br>O. matt.<br>B. fast dicht, rothbraun. | Geschmolz. zur grossblasig schaumenden Kugel. | | | |

Abkürzungen.

F. = Form
O. = Oberfläche
B. = Bruch
K. = Kanten

| S = Soger<br>B = Bischof | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thonsubstanz . . | 79,42 | 46,52 | 72,21 | 62,03 | 64,13 | 44,06 | 29,99 | 49,03 |
| Feldspath . . . | 6,26 | 6,00 | 4,73 | 2,89 | 12,70 | 14,06 | 19,37 | 32,64 |
| Quarz . . . . . | 14,30 | 47,48 | 23,06 | 37,97 | 27,12 | 44,88 | 50,64 | 18,33 |
| F.Q der Thon- S | 4,63 | 3,31 | 8,70 | 3,29 | 1,21 | 1,44 | 0,71 | 0,96 |
| substanz B | 1,86 | 1,07 | 3,72 | 1,91 | 0,63 | 0,52 | 0,19 | 0,31 |
| F.Q des Ganzen B | 1,30 | 0,40 | 2,03 | 0,59 | (4,17) | (5,12) | (6,05) | (2,79) |

Bei den leichtest schmelzbaren Ziegelthonen geben die für die Thonsubstanz berechneten Zahlen jedoch keinen Anhalt mehr für die gegenseitige Stellung der Thone bezüglich ihrer Feuerfestigkeit, da hier die unbekannten Factoren $x$ und $y$ eine grössere Rolle spielen als bei den reinen Thonen. Bemerkenswerth ist jedoch, dass die Thonsubstanz derselben in ihrer Schmelzbarkeit mit der der feldspathartigen Gesteinstrümmer nahezu übereinstimmt, Thonsubstanz und Feldspathtrümmer somit nahezu gleichzeitig erweichen, das formerhaltende Gerüst daher von dem Quarz gebildet wird. Dem entsprechend zeigen auch die Thone von Schwarzehütte und Bockhorn, als vorzügliche — sich wenig im Feuer verziehende und zerdrückbare Klinkerthone bekannt — zugleich den höchsten Gehalt an freier ungebundener Kieselsäure (nicht als Sand in der gewöhnlichen Bedeutung, sondern in zum Theil der Thonsubstanz an feiner Zertheilung gleichkommendem Quarz), welcher als die am wenigsten durch das Feuer beeinflusste Substanz die Erhaltung der Form ermöglicht; in dem Masse, als dieser Quarzgehalt geringer wird, verlieren die Thone auch mehr ihre Eigenschaft der „Standbarkeit" und Klinkerungsfähigkeit im Feuer.

(Fortsetzung folgt.)

# Entlastete Präcisions-Schiebersteuerung.

Von **C. Prött**, Ingenieur in Berlin.

(Hierzu Tafel II.)

Das Princip der mir patentirten Steuerung ist: durch einen Schieber, welcher sich in zwei verschiedenen Richtungen bewegt, Dampfvertheilung und Expansion hervorzubringen, wobei von dem früheren oder späteren Eintritt der einen Bewegung der Expansionsgrad abhängt.

In den Figuren auf Taf. II ist die Steuerung für eine Maschine von 350$^{mm}$ Durchm. und 700$^{mm}$ Hub darge-

stellt und zwar in Fig. 1 bis 2 in ihrer ganzen Zusammenstellung in $^1/_{10}$ nat. Grösse, und in Fig. 4 bis 6 die Drehvorrichtung in $^1/_2$ nat. Grösse.

Der Schieber, welcher hier getheilt angenommen wurde, ist ein einfacher cylindrischer Muschelschieber, dessen Endkanten jedoch, ebenso wie die Canäle am Cylinder nicht parallel, sondern wie bei dem Expansionsschieber der Rieder'schen Steuerung gegen einander geneigt sind, also zwei in entgegengesetzter Richtung laufende Schraubenlinien bilden. Dieser Schieber, welcher in einfacher Weise entlastet ist, wird nun zunächst, um die Canäle zu öffnen, durch ein Excentrik in der Richtung seiner Axe geradlinig bewegt, und wenn die Expansion eintreten soll, plötzlich um seine Axe gedreht, bis der Eintrittscanal geschlossen ist. Von diesem Augenblicke an macht der Schieber beide Bewegungen gleichzeitig, so dass sich die abschliessende Kante desselben in der Richtung der Schraubenlinie des Canales bewegt und diesen so lange geschlossen hält, bis der Schieber seiner Längenrichtung nach wieder in der Mittelstellung angekommen und auch der Austrittscanal geschlossen ist. Von jetzt ab hört die Drehung auf und der Schieber wirkt wieder genau wie ein einfacher Muschelschieber, indem er den Dampfeintritt auf der anderen Seite des Kolbens bewirkt, bis er wieder plötzlich gedreht wird, und die Expansion beginnt. Diese Bewegungen werden durch den in Fig. 4 bis 6 dargestellten Mechanismus auf folgende Weise bewirkt.

Zwischen den beiden auf der Schieberstange befestigten Mitnehmerhebeln *a*, *a* befindet sich ein in verticaler Richtung zwischen denselben etwas verschiebbarer Ring *b*, in dessen seitliche Bohrungen die beiden in den Hebeln *c*, *c* befestigten Zapfen *d*, *d* eingreifen. Die Hebel *c*, *c* sind auf dem gemeinschaftlichen in dem Augenlager *e* drehbaren Zapfen *e'* befestigt und schwingen bei der Hin- und Herbewegung der Schieberstange um die Axe desselben, wobei das zwischen den oberen Enden der Hebel befestigte sattelförmige Gleitstück *f* bis in die in Fig. 1 punktirt angedeuteten, äussersten Stellungen kommt. Auf der oberen Fläche dieses Gleitstückes gleitet der in dem Boden des Luftbuffer-Cylinders fest eingesetzte Zapfen *f'*, wodurch der Cylinder gehoben und gesenkt wird. Hierbei bewegt sich derselbe in einer Rundführung und wird durch zwei seitliche zwischen Führung und Cylinder in zwei Bohrungen angebrachte kleine Spiralfedern fortwährend gegen das Gleitstück *f* gedrückt. Nach Eintritt der Expansion ruht der Luftbuffer-Kolben, welcher mit dem die plötzliche Drehung des Schiebers bewirkenden kleinen Dampfkolben (statt dessen man natürlich auch eine Spiralfeder anwenden kann) aus einem Stück besteht, auf dem Boden des Luftbuffer-Cylinders. Beide machen von hier ab die Bewegungen desselben mit, bis der Schieber und die Hebel *c* in ihrer Mittelstellung und der Luftbuffer-Cylinder mit dem Kolben in die höchste in der Zeichnung dargestellte Stellung gekommen sind.

Bei dem Auf- und Abwärtsbewegen der Kolben schwingen auch die Hebel *g*, *g*, welche mit diesen vermittelst des Zapfens *h* in Verbindung stehen, um ihren festen Drehpunkt in dem Auge *i*.

Zwischen den vorderen freien Enden der Hebel hängt die Zugstange *k*, durch deren unteres Auge der Mitnehmerbolzen *l*, welcher in den Mitnehmerhebeln *a*, *a* befestigt ist, hindurch geht. Bei Auf- und Abwärtsbewegung der Kolben wird also der Schieber gedreht und zwar bei der vorhin beschriebenen Bewegung während der Expansion, so dass der Eintrittscanal geschlossen ist, bis der Schieber beim Rückgange wieder in seine Mittelstellung kommt. In diesem Augenblicke tritt der Zapfen *m* unter das aus einer Stahlplatte *n* bestehende Ende der Verbindungsstange. Hierdurch werden die Kolben so lange in ihrer höchsten Stellung gehalten und der Schieber an der Drehung verhindert, also die Canäle geöffnet, bis der Zapfen *m* wieder zurückgezogen wird. In diesem Moment werden die Kolben durch den Dampfdruck plötzlich nach unten geschnellt und der Schieber so weit gedreht, bis der Eintrittscanal geschlossen ist, welches stattfindet, sobald der Luftbuffer-Kolben den Boden des Cylinders erreicht hat.

Die Grösse der Füllung hängt also von dem früheren oder späteren Zurückziehen des Zapfens *m* ab, welches auf folgende Weise bewirkt wird.

Der Regulator steht über der Schwungradwelle und wird von dieser aus durch conische Räder betrieben. An einem Arme des Regulatorbockes hat der Hebel *o*, welcher mit dem Zapfen *m* durch eine Zugstange in Verbindung steht, seinen Drehpunkt. Der Keil *p* steht mit dem Hebel so in Verbindung, dass er an demselben durch den Regulator leicht auf und ab bewegt werden kann, wodurch das Anschlagstück *q*, welches zwischen Keil und Schwungradwelle liegt, und seinen Drehpunkt an dem Hebel *o* hat, der Welle genähert oder von ihr entfernt wird. Hierdurch wird bewirkt, dass die unrunde Scheibe *r* früher oder später das Anschlagstück mit dem Hebel zurückdrängt, wodurch auch der Zapfen *m* zurückgezogen wird. In diesem Moment wird der Schieber in der vorhin beschriebenen Weise durch den kleinen Dampfkolben bezw. durch eine Feder plötzlich gedreht, und die Expansion beginnt. Durch Heben und Senken des Keiles durch den Regulator sind auf diese Weise alle Füllungen von 0 ab gleich gut zu erreichen.

Bei der Construction der Steuerung ist auch gleich darauf Rücksicht genommen, dass alle Arbeiten von vorn herein unbedingt genau ausfallen müssen und das spätere sehr kostspielige Nachhelfen ganz vermieden ist. Namentlich stellt sich die Bearbeitung des Cylinders und Schieberkastens allen andern Constructionen gegenüber sehr billig, da man entweder den Schieberkasten mit dem Cylinder zugleich ausbohren kann, oder nach dem Ausbohren des Cylinders denselben nur parallel zu verschieben braucht, um den Schieberkasten auszubohren. Es ist hierbei nicht einmal erforderlich, dass beide Bohrungen genau parallel sind, da der Führungsbock mit dem Schieberkastendeckel aus einem Stück besteht und daher ohne Weiteres genau centrirt ist.

Um ein ungleichmässiges Anziehen des Deckels zu vermeiden, wird zwischen diesen und den Schieberkasten statt Gummi in Leinöl getränktes Papier gelegt, welches vollkommen dicht hält.

Der Schieberkasten kann mit grösster Leichtigkeit so sauber gebohrt und der Schieber so sauber gedreht werden, dass er ohne alles Schaben vollkommen dicht hält. Diese sehr wichtige Eigenschaft wird er ganz bedeutend länger als jeder andere bis jetzt bekannte Schieber oder Hahn behalten, da er sich in vier verschiedenen Richtungen 1) geradlinig, 2) plötzlich drehend, 3) rechts und 4) links schraubenförmig bewegt und dabei trotzdem bei jeder Füllung und jedem Hub denselben Weg macht, daher stets die ganze Schieberfläche bestreicht. Es findet also gewissermassen ein fortwährendes Dichtschleifen statt, ohne dass sich durch zeitweise Bewegung an verschiedenen Stellen Kanten oder Ungleichheiten bilden können, was namentlich bei Meyer'schen Steuerungen und allen Corliss-Steuerungen der Fall ist, wenn sie zeitweise mit derselben oder wenig veränderlicher Füllung arbeiten. Ebenso ist die Abnutzung der äusseren Steuerung wegen der wenigen und nur gering beweglichen Theile und der grossen Auflagerflächen derselben eine sehr geringe und an den meisten Stellen ganz unschädlich. Trotzdem ist auf möglich schnellste Reparatur Rücksicht genommen.

Eine zweite Art die geforderten Bewegungen des Schiebers hervorzubringen, ist in den beistehenden Holzschnitten angedeutet. Auf der Schieberstange befindet sich die Hülse *a*, welche durch die Hebel *b*, *b* gegen Verschiebung geschützt wird, in der sich aber die Schieberstange drehen kann. Die Hülse hat in der Mitte zwei dachförmige Gleitflächen, welche zwischen zwei Frictionsrollen *c*, *c* gleiten und dadurch das Gleitstück *d*, in welchem die Zapfen der Rollen befestigt sind, auf und ab bewegen. Die Bewegung des Gleitstückes wird direct auf den Hebel *e* übertragen, der seinen Drehpunkt in dem Arme *f* hat, und an dessen freiem Ende der Luftbuffer-Kolben hängt. Der Luftbuffer-Cylinder befindet sich zwischen den Hebeln *g*, *g*, welche sich auf den über den Führungsbock vorstehenden Enden der Führungsbuchsen drehen. An den zusammenstossenden freien Enden dieser Hebel ist eine gehärtete Stahlplatte befestigt, an welcher die Hebel mit dem Luftbuffer-Cylinder, sobald sie in die höchste Stellung gekommen sind, durch die an dem Hebel *h* befestigte Stahlnase gehalten werden, bis die Expansion eintreten soll.

Wenn der Luftbuffer-Kolben sich nach unten bewegt, während der Cylinder gehalten wird, so wird durch den plungerartigen Theil desselben, welcher durch eine Ledermanschette gedichtet ist, ein luftleerer Raum erzeugt. Es wird also, sobald der Hebel *h* zurückgedrängt wird, der Cylinder durch den äusseren Luftdruck plötzlich nach unten bewegt, wobei der ringförmige Theil als Buffer dient. In den Enden der auf der Schieberstange befestigten Hebel *a* ist die Stange *i* befestigt, welche in einem Einschnitt der Hebel *g* gleitet. Es wird also infolge dessen, wenn sich der Luftbuffer-Cylinder auf- oder abwärts bewegt, auch der Schieber um seine Axe gedreht. Sobald der Cylinder nach dem Auslösen so weit nach unten gekommen ist, dass der

Fig. 1

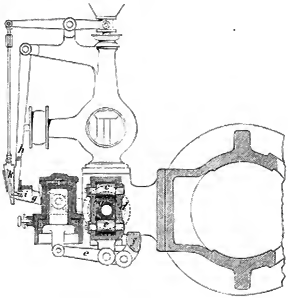


Fig. 2

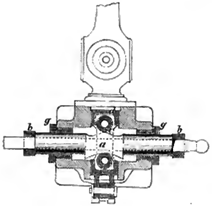
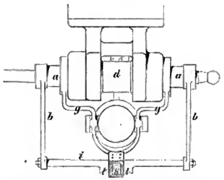


Fig. 3



Boden desselben den Kolben berührt, macht er die Bewegung des letzteren mit, und der Eintrittscanal ist von diesem Augenblick ab geschlossen, bis der Cylinder wieder an der höchsten Stellung angekommen, dort fest-

gehalten wird, und sich, bei der nun beginnenden geradlinigen Bewegung, der Canal für den Austritt und der andere für den Eintritt öffnet. Bei dem plötzlichen Drehen des Schiebers bleibt der Austritt geöffnet, war er jedoch noch nicht ganz geöffnet, so erfolgt dies nun durch die Drehung.

Statt des vorhin beschriebenen Luftbuffers, bei welchem der äussere Luftdruck als treibende Kraft wirkt, kann man auch einen gewöhnlichen einfachen Luftbuffer mit Spiralfeder benutzen, oder bei dem beschriebenen ausser dem Luftdruck noch eine Feder verwenden.

Die Verstellung der Expansion durch den Regulator geschieht hier auf folgende Weise.

Der Regulator steht direct auf dem Führungsbock und trägt an einem Arme den Hebel *h*, an dessen unterem Ende eine Stahlnase zum Halten des Luftbuffer-Cylinders befestigt ist. Ausserdem wird in dem unteren Ende des Hebels der Keil *k* geführt, welcher durch den Regulator gehoben und gesenkt werden kann. Hierdurch wird die vordere Kante desselben der Verbindungsstange *i* der Hebel *a*, *a* genähert oder davon entfernt und infolge dessen früheres oder späteres Zurückdrängen des Hebels *h* durch die schrägen Flächen *l*, *l* und Auslösen des Luftbuffer-Cylinders, also früherer oder späterer Eintritt der Expansion bewirkt.

Die Vortheile dieser Steuerung anderen Präcisionssteuerungen gegenüber sind:

1) Ganz bedeutend einfachere und solidere Construction, infolge dessen Maschinen mit dieser Steuerung bedeutend billiger werden als die nur durch die Hand verstellbare Meyer'sche Steuerung.

2) Ausserordentlich geringe Abnutzung und geringer Kraftverbrauch.

3) Absolut leichte und präcise Verstellung der Expansion durch den Regulator in den allerweitesten Grenzen.

## Ventilationseinrichtung nach W. & F. Lönholdt's System in den Wirthschaftsräumen der Museums-Gesellschaft zu Freiburg i/B.

(Hierzu Tafel III.)

Die Ventilation aller von Menschen bewohnten Räume, d. i. eine Auswechselung der in denselben befindlichen gegen frische Aussenluft, ist in der That eine Lebensfrage für Jedermann, weil von ihr die Gesundheit und das Wohlbefinden jedes Einzelnen abhängen. Wenn auch eine solche Auswechselung sich wegen der Porosität der Umfassungswände, nach dem Naturgesetze der Diffusion der Gase fortwährend vollzieht, so ist diese doch eine so langsame, dass sie den Ansprüchen, welche heute an eine richtige Ventilationseinrichtung gestellt werden, durchaus nicht entspricht.

Die Erkenntniss dieses hat zur Construction vielfacher Vorrichtungen und Apparate Veranlassung gegeben, welche einerseits durch Benutzung natürlicher Einflüsse, vorhandener Windströmungen, durch Hervorrufung von Temperaturunterschieden zwischen communicirenden Luftmassen, anderentheils durch Maschinen die Beschleunigung dieses Luftwechsels zu erreichen suchen. Während aber die ersteren Einrichtungen ihre Zwecke häufig nur mangelhaft, ja gar nicht erfüllen, kommen die letzteren wegen ihrer grossen Kostspieligkeit nur bei den bedeutenderen öffentlichen Neubauten in Anwendung.

Es ist jedoch von grösster Wichtigkeit, nicht nur in Neubauten entsprechende Lüftungsvorrichtungen anzubringen, sondern besonders in alten vorhandenen Räumen sollte für einen genügenden Luftwechsel, dessen Vortheil jedoch nicht durch Hervorrufung eines schädlichen Luftzuges aufgewogen werden darf, Sorge getragen werden; denn wenn auch das Wort Ventilation die Auswechselung der Luft in unseren Räumen gegen frische Aussenluft bedeutet, so sollten wir im technischen Sinne doch nur eine solche darunter verstehen, welche den genannten Zweck, ohne fühlbaren Luftzug, also ohne heftige Luftbewegung in bestimmter Richtung zu verursachen, erreicht.

In allgemeine Benutzung können aber Ventilationseinrichtungen erst dann übergehen, wenn die diesbezüglichen Apparate von entsprechender Einfachheit, mit nicht zu grossem Kostenaufwand herzustellen sind und sich allen örtlichen Verhältnissen leicht anpassen lassen.

Um diesen Bedürfnissen zu entsprechen, hat man in den letzten Jahren vielfache Versuche gemacht, entsprechende einfache Einrichtungen für die Ventilation vorhandener Räume herzustellen, welche jedoch in den seltensten Fällen von genügender Wirksamkeit waren. Hierher gehören alle die als Ventilationsapparate angepriesenen Vorrichtungen, wie z. B. die bekannten in die oberen Flügel der Fenster eingesetzten Glasjalousien und kleine in Oeffnungen eingesetzte Flügelrädchen, sowie alle direct in die Aussenwände eingesetzten Communicationscanäle zwischen der inneren und äusseren Luft. Da die Luft in unseren Räumen, besonders in der kalten Jahreszeit, immer wärmer als die äussere Luft, deshalb auch der Luftdruck im Raume geringer als im Freien ist, so kann die warme verdorbene Luft infolge von Druckdifferenz durch eben genannte Vorrichtung nicht von dem Raume in die Aussenluft dringen, sondern es tritt das Umgekehrte ein, dass durch solche Oeffnungen die frische kalte Luft in den Raum einströmt, vermöge ihres grösseren specifischen Gewichtes zu Boden sinkt und so den Insassen der Räume kalten Zug oder kalte Füsse verursacht. Der Umstand, dass überall wo solche Vorrichtungen angebracht wurden, diese im Winter, wo wir der frischen Luft am meisten bedürfen, gewöhnlich geschlossen werden, ist genügender

Beweis für obige Behauptung. Auch die in Rauchschornsteine eingesetzten Abzugsklappen verdienen den Namen einer selbstständigen Ventilationseinrichtung nicht, da durch dieselben und die Schornsteine die Zimmerluft immer nur dann ausströmen kann, wenn die Luft in den Räumen wärmer ist als im Freien, oder eine kräftige, an der Austrittsöffnung der Schornsteine vorbeistreichende Windströmung die Luftbewegung in denselben verursacht; dies ist aber nicht immer der Fall, auch wird bei widriger Windströmung der in dem Schornstein befindliche Rauch, auch Russ häufig in die Räume zurückgetrieben. Letzteres zu vermeiden, hat man hinter die Austrittsöffnungen Glimmerplättchen angebracht, wodurch wegen Reibung der Effect noch verringert und häufig eine Verstopfung der ganzen Einrichtung verursacht wird.

Ausserdem sind in den meisten Fällen die Querschnitte solcher Austrittsöffnungen so klein, dass das durch sie aus den Räumen entfernte Luftquantum einer richtigen geeigneten Ventilation durchaus nicht entspricht; für eine solche aber ist durchaus erforderlich, dass man die Querschnitte der Zu- und Austrittsöffnungen von genügender Grösse herstellt, so dass man in Anbetracht der Benutzung der Räume und der mehr oder weniger schnellen Verunreinigung der in denselben befindlichen Luftmasse durch die Bewohner, die Beleuchtung und andere Einflüsse, in einer gewissen Zeiteinheit dasjenige Luftquantum durch dieselben aus- und einführen kann, um die Luft in den Räumen in der Zusammensetzung zu erhalten, welche den sanitätlichen Anforderungen entspricht.

Diesen Anforderungen dürfte unter Vermeidung der oben angeführten Nachtheile das Ventilationssystem von W. & F. Lönholdt in Frankfurt a. M. entsprechen, von dessen allgemeiner Anordnung und den bezüglichen Details die Zeichnungen auf Taf. III ein Bild geben. Die Fig. 1 bis 5 stellen eine der vielen bisher nach diesem System ausgeführten Anlagen dar, die in den Restaurationsräumen der Museums-Gesellschaft zu Freiburg i. B.

Die hierbei verwendeten Apparate zerfallen in zwei Arten, in solche für die Entfernung verdorbener Luft, „Luftaussaug-Apparate“, Fig. 8 bis 13, und in solche für die Zuführung frischer reiner Luft, „Luftzuströmsäulen“ Fig. 6 und 7.

Die Entfernung der verdorbenen Luft wird durch Aussaugen bewirkt, und ist die Construction der Apparate so gestaltet, dass wenn natürliche Witterungseinflüsse, starker Wind oder grosse Temperaturunterschiede vorhanden sind, diese benutzt werden, anderenfalls die Zugkraft in den Apparaten jederzeit durch eine nach dem Princip der Strahlapparate wirkende Einrichtung in genügender Stärke entwickelt wird. Im Allgemeinen besteht nämlich der Apparat aus einem verticalen Abzugscanal *a*, dessen Querschnitt der Grösse des Raumes bezw. dem durchzuführenden Luftquantum entspricht; unterhalb der Stelle, wo die Luft in den Abzugscanal gesaugt werden soll, befindet sich eine Heizkammer *h*, welche durch je eine oder mehrere Gas- oder Petroleumflammen *f*, welche zickzackförmig von Kupferblechen umgeben sind, geheizt wird. Durch die im Fusse des Abzugscanals und im Boden der Heizkammer angebrachten Oeffnungen tritt die Zimmerluft in dieselben ein, wird erhitzt, ausgedehnt und von der immer nachströmenden kühleren Luft, durch eine sich zu einer Düse *d* verengendes Rohr emporgedrückt, und so an der Austrittsstelle *s* ein kräftiger Luftstrom erzeugt, welcher nahe und flach ausgebreitet an einer in dem Abzugscanal angebrachten Oeffnung vorbeistreicht, die vor dieser befindliche Zimmerluft ansaugt und wegführt. Oberhalb dieser Ansaugstelle vermischt sich die in den Abzugscanal gesaugte Luft mit der heissen Luft, und dieses Luftgemenge wird an passender Stelle wiederum durch eine Einengung in dem erweiterten Abzugscanal an einer Oeffnung in demselben vorbeigeleitet, um analog wie vorher eine ansaugende Wirkung auszuüben. Dadurch kann die Absaugung der Luft in verschiedenen Etagen mittest eines Apparates bewirkt werden.

Diese Aussaugapparate sind auf die verschiedenartigste Weise ausgebildet und so angeordnet, dass sie entweder in gemauerte oder zu errichtende Luftabzugsschächte eingesetzt werden können oder, wie die Figuren auf Taf. II zeigen, frei und unabhängig vom Mauerwerk in Räumen jeder Art aufgestellt werden können. Letztere sind durch architektonische Glieder von Zinkblech mehr oder weniger verziert, so dass sie sich der Ausstattung und dem Styl der Räume, in denen sie verwendet werden sollen, bequem anpassen.

Um die durch die Apparate fortwährend aus den Räumen entfernte Luft zu ersetzen, werden in allen Fällen, wo die örtlichen Verhältnisse eine Zufuhr von frischer, reiner, mässig erwärmter Luft nicht gestatten, einfache Apparate benutzt, deren Construction von dem Grundsatze ausgeht, dass man frische, reine, nicht erwärmte Luft, nicht auf directem horizontalen Wege, sondern in verticaler Richtung in Räume einführen muss. Danach wird die Luft durch verticale Metallröhren *l*, wie in Fig. 6 und 7 dargestellt, eingeführt, welche am unteren Ende durch einen horizontalen in der Aussenwand eingesetzten Canal *e* mit der Aussenluft communiciren. Das Einströmen der äusseren Luft durch diese Röhre in die Räume ist durch den fast immer vorhandenen Temperaturunterschied und den hieraus resultirenden Ueberdruck der äusseren gegen die innere Luft bedingt.

Durch Anbringung eines Wasserbehälters *v* am unteren Ende dieser Zuströmröhre, über welchen die einströmende Luft streicht, sowie durch eine über die Austrittsöffnung gespannte Lage antiseptischer Watte wird die eintretende Luft nicht nur befeuchtet, sondern auch von Staub und Schmutztheilen jeder Art befreit. Auch kann man, wo es erwünscht ist, besonders in Krankenräumen in den unteren Behälter Desinfectionsstoffe schütten, so dass die von diesen herrührenden Gase oder Staubtheilchen sich mit der einströmenden Luft-

menge und in dem Raume gleichmässig diffundiren, wodurch der lästige Geruch und sonstige Uebelstände, welche durch Herumsprengen derselben entstehen, vermieden werden. Alle Zuströmsäulen sind mit Deckel versehen, um bei grosser Kälte den Zufluss der äusseren Luft reguliren zu können. Diese Zuströmsäulen haben sich bis jetzt sehr gut bewährt, indem in keinem Raume, wo solche angewendet wurden, irgend welcher kalte Luftzug hervorgerufen wurde. Dass auch bei Anwendung dieser Zuführungsapparate, für ihre Grösse, Form, Stellung und besonders die Höhe der Austrittsöffnung, auf die örtlichen Verhältnisse, Grösse, Höhe und Benutzung der Räume Rücksicht genommen werden müsse, um ihren Zweck, genügende Reinigung der Zimmerluft ohne Zug zu verursachen, zu erfüllen, braucht wol kaum erwähnt zu werden.

Die grosse Accomodationsfähigkeit der besprochenen Apparate dürfte aus den Fig. 1 bis 5 hervorgehen, welche die Ventilation der Erdgeschossräume der Museums-Gesellschaft in Freiburg i. B. bestehend aus einem Restaurationssaal *A*, dem Billardzimmer *B* und den kleinen Spielzimmern *C* und *D*, Fig. 2, darstellen.

Die Zimmer sind mit einer Luftheizungsanlage versehen, doch wurden in denselben, da für den Abzug der verdorbenen Luft keinerlei Vorrichtung vorhanden, der Tabaksrauch, die Athmungs- und Verbrennungsproducte und die Hitze so unerträglich, dass eine grosse Anzahl der Mitglieder hauptsächlich wegen dieser Uebelstände von dem Besuche dieser Räume Abstand nahmen.

Da die vier Räume etwa 1200$^{cbm}$ Inhalt haben und durchschnittlich von gegen 100 Personen besucht werden, so wurden die Apparate so berechnet, dass durch dieselben in der Stunde 3000$^{cbm}$ Luft aus den Räumen entfernt, also pro Kopf und Stunde 30$^{cbm}$ Luft zu- und abgeführt wurden.

Um dieses Resultat auf anderem Wege zu erreichen, wäre die Anlage eines oder mehrerer gemauerter Ventilationsschachte, nebst horizontalen Zuleitungscanälen von den Räumen nach dem Schachte, sowie eine Wärmequelle für die in letzteren befindlichen Lockfeuer oder auch die Anwendung einer Maschine zum Absaugen der Luft aus den Räumen nothwendig geworden. Eine solche Anlage würde die Anwendung bedeutender Mittel und baulicher Veränderungen verursacht haben, während sich die Ventilation der Räume durch die Lönholdt'schen Apparate mit dem geringeren Kostenaufwand von etwa 2000 ℳ bewerkstelligen liess, und sich die Bauarbeit allein auf das Durchbrechen der Oeffnungen beschränkte, welche in die Aussenwände zum Einsetzen der Luftzuführungscanäle, in der inneren Wand aber zum Einsetzen der Abführungscanäle nöthig waren. Dabei sind die Apparate in den Räumen an die Stellen vertheilt, wo sich das Durchbrechen der Oeffnungen am leichtesten bewerkstelligen liess und das Anbringen der Apparate die Decoration der Räume nicht beeinträchtigte. Nach dem Durchbrechen der Wände war dann die Montage der Apparate in ganz kurzer Frist zu bewerkstelligen.

In den Räumen *A* und *B* sind, da hier, wie häufig in Wirthschafts- und Versammlungsälen, örtliche Raumverhältnisse ein Aufstellen der Apparate auf dem Fussboden nicht gestatteten und es auch hauptsächlich sich um die Entfernung der übermässig unter der Decke befindlichen heissen Dünste handelte, die Apparate wie Fig. 1 zeigt an der Innenwand auf Consolen ruhend angebracht. Es wird hier die Luft an zwei Stellen, nämlich durch die Oeffnung in dem Consol etwa 2,5$^{m}$ über dem Fussboden, hauptsächlich aber durch die unter der Decke befindliche Oeffnung in den Apparat gesaugt und weggeführt.

In den Spielzimmern *C* und *D* sind die Apparate 1 und 2, Fig. 8 und 9, 12 und 13 auf den Fussboden gestellt; bei ihnen kann die Luft je nach Bedürfniss über dem Fussboden, in mittlerer Höhe, oder auch, wenn es in dem Raume zu warm wird, unterhalb der Decke, sowie endlich an allen drei Punkten zugleich aus dem Raume gesaugt werden. Dabei sind alle Austrittsöffnungen mittelst Schieber verschliessbar, so dass durch richtige Regulirung dieser Austrittsöffnungen die Temperatur in den Räumen in einem normalen Zustande erhalten werden kann.

Ueber der obersten Austrittsöffnung sind von den Saugapparaten verticale Abzugscanäle durch das Gebäude so hoch über Dach geführt, dass der Wind von allen Seiten den auf die Abzugscanäle gesetzten, nach Wolperts Princip construirten Saugeraufsatz, Fig. 14 bis 16, frei durchstreifen kann. In Fällen wo ein solcher directer Abzugscanal von dem Apparate nicht möglich ist, kann derselbe nahe an dem letzteren errichtet und durch einen schiefsteigenden Abgangsstutzen mit demselben verbunden werden. Auch kann man, wo Rauch oder Ventilationsschachte vorhanden sind, die Apparate entweder in dieselben einsetzen oder vor denselben aufstellen und durch Abgangsstutzen in diese einführen; doch muss dann der Querschnitt dieser Schornsteine oder Canäle immer grösser als der Abzugsstutzen der Apparate sein.

Wie schon oben bemerkt, kann die Ventilation durch natürliche Einflüsse oder durch die in den Apparaten angebrachten Wärmequellen herbeigeführt werden. Um den Zeitpunkt zu bestimmen, wo die ersteren nicht mehr ausreichen, ist an der oberen Austrittsöffnung eines jeden Apparates ein kleines Indicationsrädchen angebracht, welches die ungefähre Geschwindigkeit anzeigt, mit der die Luft ausströmt.

Die durch die Apparate aus dem Raume ausgesaugte Luft wird theils durch die von der Luftheizungsanlage zugeführte frische erwärmte Luft, theils durch die Luftzuströmsäulen ersetzt; letztere sind, wie Fig. 1 und 2 zeigen, in den verschiedenen Räumen an der Aussenwand und zwar so angebracht, dass sie sich nicht nur der Decoration örtlicher Raumverhältnisse anpassen, sondern auch der durch sie eintretende kalte Luftstrom ungehindert in verticaler Richtung in die Höhe strömen kann und so jeder directe Luftzug durch dieselbe vermieden wird.

Was die Leistungsfähigkeit der Apparate betrifft, so können durch dieselben je nach Grösse und Form pro Stunde von 300 bis 1000$^{cbm}$ Luft aus einem Raume entfernt werden, wobei zu jederzeitigen Erreichung dieses Effectes die Betriebskosten in demselben Zeitraume sich auf 4 bis 12 Pf. stellen. Für grössere Säle, wo es sich um Entfernung bedeutender Luftmassen handelt, werden die Apparate in jeder gewünschten Leistungsfähigkeit, bis zu 10 000$^{cbm}$ pro Stunde construirt, woraus ersichtlich, dass durch Aufstellung mehrerer solcher Apparate selbst in den allergrössten Sälen ein genügender Luftwechsel hervorgerufen werden kann.

Durch die vier in den Räumen der Museums-Gesellschaft aufgestellten Apparate wird in denselben alle 20 Minuten ein vollständiger Luftwechsel hervorgerufen, und hat sich die Einrichtung zur grössten Zufriedenheit der Gesellschaft bewährt.

---

# Ueber Turbinen.

Von **J. C. Bernhard Lehmann**, Maschinen-Director in Erfurt.

## I. Ueber Regulirungen, insbesondere über Rundschützen und selbstthätige Regulirungen.

Jede, für die volle Ausnutzung eines in seiner Menge veränderlichen Wasserzuflusses bestimmte Turbine muss mit einer Einrichtung versehen sein, welche die Turbine geeignet macht, verschieden grosse Wassermengen ohne Gefällveränderung aufnehmen zu können; diese Einrichtung, die Regulirung der Turbine, bewirkt eine Veränderung der Grösse des Zellendurchflussquerschnittes der Turbine. Von den Regulirvorrichtungen seien diejenigen (wie Drosselklappe, Rohrschützen u. s. w.) ausser Betracht gelassen, welche bei einem vorhandenen Kraftüberschuss behufs Regulirung der Geschwindigkeit der Turbine die Vernichtung dieses Kraftüberschusses bewirken.

Die Veränderung der Grösse des Zellendurchflussquerschnittes kann entweder in einer Veränderung der Zellenöffnungen selbst oder in einer Veränderung der Anzahl der Zellen, welche Wasser aufnehmen sollen, bestehen. Die Anwendung der einen oder anderen Regulirungsart hängt wesentlich, wenn auch nicht bei allen Constructionen, von der Wirkungsweise ab, mit welcher die im Wasser enthaltene Kraft in der Turbine nutzbar gemacht werden soll. Im Allgemeinen darf gesagt werden, dass die Regulirung mittelst Verengung der Zellenquerschnitte beim Reactionsprincip, die mittelst Veränderung der Zellenzahl beim Actionsprincip rationell angewendet wird. Hierbei ist vorausgesetzt, dass bei mehrkränzigen Turbinen jeder einzelne Kranz als Turbine für sich betrachtet wird.

Der Durchgangsquerschnitt der Zellen kann vermindert werden durch Verkleinerung entweder der Weite oder der Breite, d. h. der kleineren oder grösseren Dimension eines auf die mittlere Bewegungsrichtung des durchströmenden Wassers normalen Zellenquerschnittes. Die Verengung der Zellenweite geschieht durch bewegliche Schaufeln, welche drehbar oder verschiebbar (Zungenschieber) sind; für die Verengung der Zellenbreite giebt es zahlreiche Anordnungen, und sind mechanische Constructionen naturgemäss nur bei Radialturbinen möglich. In eine Aufführung der zahlreichen und bekannten Constructionen von Regulirungen mittelst Zellenverengung will ich hier nicht eingehen.

Mit der allgemeineren Anwendung des Actionsprincipes ist die Regulirung der Turbine durch Veränderung der beaufschlagten Zellenzahl in den Vordergrund getreten. Indem ich von den einfachen Vorrichtungen der Einsatzstücke, Deckel, Klappen und Einzelschieber, gleichviel ob solche mit Hand oder mechanisch bewegt werden, absehe, wende ich mich zu den mechanisch vollkommneren Einrichtungen der Rundschützen. Mit diesem Namen will ich diejenigen Einrichtungen bezeichnen, bei denen eine Schützendecke in peripherischer Bewegung über die Leitcanäle behufs Abdeckung derselben hinweggeführt wird. Die Abdeckung durch Rundschützen kann entweder für nur einen Theil oder für sämmtliche Zellen eines vollgeschaufelten Leitrades eingerichtet werden; ferner findet dieselbe Anwendung bei allen drei Aufstellungsarten der Turbinen, nämlich bei Axial-, sowie bei von innen oder von aussen beaufschlagten Radialturbinen. In den Figuren 1 bis 6 (S. 35 und 36) sind die Rundschützen in ihrer principiellen Construction bei den drei Turbinen-Aufstellungsarten und zwar in ihrer vollkommensten Construction, nämlich der vollen Abschützung des Leitrades mit zweiseitig, diametral fortschreitendem Zellenschluss dargestellt.

Ich führe zunächst den sogenannten Rollschützen, Fig. 1, an, dessen bekannte Construction mit zwei armirten Lederdecken, welche auf zwei Rollen aufgewickelt werden, ich nicht weiter zu beschreiben brauche.*) Bei diesem Rundschützen ist die Schützendecke elastisch und wird aufgewickelt, während die übrigen Rundschützen mit einer starren Decke versehen sind, welche verschoben wird.

Die starren Schützendecken, also Schieber, unter der Bedingung voller und zweiseitig diametraler Beaufschlagung des Leitrades, setzen eine Theilung der Eintrittsfläche des Leitrades in der Weise voraus, dass die Eintrittsfläche aus zwei concentrischen Halbringflächen besteht, welche von einander getrennt und deren halbringförmige Ergänzungen geschlossen sind, um die Schieberflächen aufzunehmen. Werden nämlich zwei, den concentrischen Eintritts-Halbringflächen entsprechende,

*) Diese von Fontaine herrührende Construction ist zuerst ausführlich beschrieben und in Zeichnung dargestellt worden in Armengaud ainé, „Traité des Moteurs hydrauliques“. Paris, 1858.

um die Turbinenaxe drehbare Schieberflächen hergestellt, so ergiebt sich, dass, wenn die Schützen-Halbringflächen auf den Verschluss-Halbringflächen liegen, die Eintritts-Halbringflächen vollständig geöffnet sind, dass ferner mit der Verschiebung der Schützen-Halbringflächen über die Eintritts-Halbringflächen die Deckung der Leitzellen beginnt, und dass endlich, wenn die Schützen-Halbringflächen die Eintritts-Halbringflächen decken, die letzteren vollständig gegen den Wasserzufluss geschlossen sind. Bei der Axialturbine kann diese Construction auf verschiedene Weise ausgeführt werden, je nachdem man für die getrennten Halbringflächen verschiedene Erzeugungslinien anwendet.

In Fig. 2 liegen die Eintritts-Ringhälften in einer Ebene; die eine Hälfte der Leitzellen mündet in eine äussere, die andere in eine innere Ringhälfte.*) Diese beiden halbringförmigen Eintrittsflächen werden durch zwei ebensolche Verschlussflächen zu zwei Ringflächen ergänzt. Den beiden halbringförmigen Eintrittsflächen entsprechend sind die beiden Schützenschieber geformt, die bei voller Beaufschlagung auf den Verschlussflächen, bei gänzlicher Abschützung auf den Eintrittsflächen liegen. Die beiden halbringförmigen Schieber können entweder fest mit einander verbunden sein, so dass dieselben durch eine Regulirwelle gemeinschaftlich verschoben werden, oder jeder Schieber kann für sich durch eine Regulirwelle bewegbar gemacht werden. Um die Auflage des Schiebers auf dem Leitrade einzustellen und die durch den Wasserdruck entstehende grosse Reibung zu vermeiden, werden am Schieber Spannstangen nach dem oberen Ende des auf dem Nabenkreuze des Schiebers festsitzenden, also mit demselben beweglichen Wellenschutzrohre geführt, so dass die Schieberfläche in passende Nähe oder Berührung mit der Leitradfläche gebracht werden kann. Eine solche Aufhängung ist, wenn die beiden Schieber unabhängig von einander beweglich sind, nur für den äusseren Schieber, wenn nicht zu complicirten Einrichtungen gegriffen werden soll, möglich, kann aber auch für den inneren aus dem Grunde entbehrt werden, weil es zweckmässig ist, denselben für eine gewisse constante Wassermenge einzustellen und den veränderlichen Ueberschuss des Wasserzuflusses mit Hilfe des äusseren Schiebers zu reguliren; die nur zeitweise nöthige Einstellung des inneren Schiebers kann ohne Wasserdruck geschehen.

In Fig. 3 bilden die halbringförmigen Eintrittsflächen die Abschnitte zweier Kegelmäntel, und zwar mündet die eine Hälfte der Leitzellen in den äusseren, die andere in den inneren Kegelmantel.**) Die beiden Mantelschieber sind an in Scharnier stellbaren Rollen, welche auf einer zwischen den Mänteln gelegenen Bahn des Leitrades laufen, aufgehangen, und ist hiermit eine leichte Bewegung unter Wasserdruck gesichert. Bei grösseren Mantelflächen können noch an den unteren Mantelrändern Rollen, welche auf dem Leitrade unterhalb der Zellen laufen, angebracht, und auf diese Weise die Mäntel getragen werden.

In Fig. 4 liegt die eine Eintrittshälfte in einer ebenen Fläche, die andere in einem Cylindermantel*); es mündet also die eine Hälfte der Leitzellen nach oben, die andere nach innen aus, so dass die erstere Hälfte durch einen Flachschieber, die andere durch einen Cylinderschieber geschlossen wird. Die Entlastung vom Wasserdruck kann beim Flachschieber durch Spannstangen, wie bei Fig. 2 beschrieben, geschehen und wird beim Cylinderschieber durch den Druck auf die Führungsnabe bewirkt. Es ist hier jeder Schützen für sich durch eine Welle regulirbar gezeichnet.

Die Querschnittsform des Rundschützen kann, wie die angeführten drei Beispiele schon erkennen lassen, eine sehr verschiedene sein, je nachdem man verschieden geformte und zur Turbinenaxe gestellte Linien als Erzeugende für die Eintrittsflächen annimmt.

Es liegt nahe, bei den mit Aufsätzen versehenen Leitkränzen, wie die Fig. 3 und 4 darstellen, die verticalen Verlängerungen der Leitschaufeln wegzulassen und hierfür den conischen oder cylindrischen Schieber an seinem radialen Ende mit einer solchen Schaufelverlängerung zu versehen, die sich somit innerhalb des Aufsatzes mit dem Schieber fortbewegt und als radiale Abschlusswand für den Aufsatzraum dient. Diese Einrichtung, welche selbstverständlich kein besonderes Schützensystem, sondern nur ein abweichendes Detail der besprochenen Rundschützen-Construction ist, dürfte aus praktischen Rücksichten als keine Verbesserung des letzteren betrachtet werden können.

Wie das aufgestellte Rundschützenprincip auf die Radialturbinen übertragen werden kann, ist in Fig. 5 für von innen beaufschlagte, in Fig. 6 für von aussen beaufschlagte Radialturbinen dargestellt. Diese Constructionen entsprechen der in Fig. 2 für Axialturbinen angegebenen Einrichtung; der ebene Schieber geht in einen cylindrischen über, die eine Hälfte der Leitzellen wird nach oben, die andere nach unten geführt. Den Eintrittshalbringen der Leitzellen entsprechen bei der in Fig. 5 dargestellten Radialturbine mit innerer Beaufschlagung und Wasserzuführung von unten zwei gleichgrosse halbringförmige Schlitze in dem Cylinder, welcher auf dem Zuflussrohre ruht und als feststehender Schieber angesehen werden kann, um welchen sich der Leitapparat dreht. Bei der in Fig. 6 dargestellten Radialturbine mit äusserer Beaufschlagung entspricht die Schützenconstruction der vorigen, nur ist in Fig. 6 der Leitapparat feststehend und der Cylinderschieber um denselben beweglich.

*) Diese Construction rührt von Laurent und Deckherr her und ist beschrieben in Armengaud ainé, „Publication industrielle des machines outils et appareils", Tome 6.

**) Dieser Rundschützen wurde im Jahre 1860 von der Gräflich Stolberg'schen Maschinenfabrik in Magdeburg an einer Turbine für die Spinnerei von F. G. Krätzschmar in Falkenhorst bei Wolkenstein in Sachsen ausgeführt.

*) Dargestellt in v. Prechtl's „Technologischer Encyklopädie". Stuttgart, 1869. 5. Supplementband, Taf. 136, Fig. 11.

## Rundschützen-Anordnungen.

**Fig. 1. Axialturbine mit Rollschützen.**

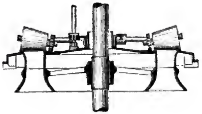


**Fig. 2. Axialturbine mit flachen Rundschiebern.**

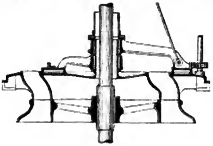


**Fig. 3. Axialturbine mit conischen Rundschiebern.**

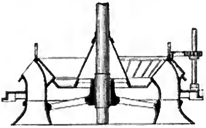


**Fig. 4. Axialturbine mit einem flachen und einem cylindrischen Rundschieber.**

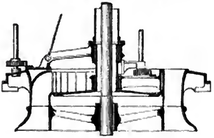


**Fig. 5. Von innen beaufschlagte Radialturbine mit cylindrischem Rundschützen.**

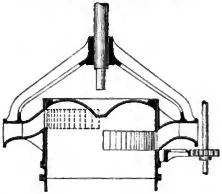
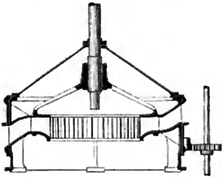


**Fig. 6. Von aussen beaufschlagte Radialturbine mit cylindrischem Rundschützen.**



Selbstverständlich kann man diese Rundschützen auch für partielle Beaufschlagung anwenden; so ist z. B. die Anordnung eines aus zwei Viertheilen bestehenden Flachschiebers, welcher auf einem, zu nur zwei Viertheilen geschaufelten Leitrade liegt, eine Vereinfachung der in Fig. 2 dargestellten Construction. Ferner ist eine vereinfachte Anwendung der in Fig. 4 dargestellten Construction die, dass man nur den halbringförmigen Cylinderschieber anbringt, die andere Leitschaufelhälfte aber, welche dann nicht mehr bis zur Scheitelhöhe der Ringschieberhaube geführt zu werden braucht, mit Deckeln abdeckt oder mit Schiebern regulirbar macht. Wenn man die in Fig. 5 dargestellte Construction dahin vereinfacht, dass man den Leitapparat zu nur zwei, einander gegenüber liegenden Viertheilen schaufelt und demgemäss zwei Oeffnungen in dem Cylinder anbringt, so erhält man die von den Herren Nagel und Kämp in Hamburg eingeführte Construction; von Genannten rührt auch die Anordnung mit dem fest stehenden Cylinder her.

Diese Rundschützen habe ich in zahlreichen Fällen und in den verschiedensten Variationen ausgeführt; sie haben sich stets als zweckmässige und bequeme Regulirvorrichtungen bewährt. Der scheinbar am wenigsten constructive Apparat, der Rollschützen, hat in praktischer Hinsicht viele Vorzüge. Das Leder (Gutta percha und Gummi haben sich nicht bewährt) dichtet vollkommen, während mit dem Schieberschützen ein wenn

auch kleiner Wasserverlust verbunden ist; die Aufwickelungswalzen des Rollschützen werden durch den Wasserdruck fast gar nicht, die nicht cylindrischen Schieber hierdurch jedoch stark belastet; während daher der Rollschützen einen gleichmässig leichten Gang behält, erfordern die nicht hydraulisch entlasteten Schieber von Zeit zu Zeit eine Nachstellung, um einen schweren Gang durch Reibung auf dem Leitapparate zu vermeiden. Durch vom Betriebswasser mitgeführte Körper, als Stroh, Ruthen u. s. w. kann der Schieber in seiner Bewegung leichter gehemmt werden als der Rollschützen, dessen bewegliche Decke über kleine Hindernisse hinweggeht. Gegen den Rollschützen kann eingewendet werden, dass der Eintritt des Wassers in die unmittelbar vor der Walze liegende Zelle durch die überragende Walze beeinträchtigt wird; man erhält aber die Eintrittsnormale mindestens noch $1^1/_2$mal so gross als die Austrittsnormale aus der Leitradzelle. Dem Einwande gegen die Verwendung eines veränderlichen Materials, wie des Leders, stelle ich die Erfahrung gegenüber, dass nach 8 bis 10jähriger ununterbrochener Benutzung solcher Schützen das Leder sich noch immer tauglich erwies. Für die Erreichung einer langen Haltbarkeit ist es wesentlich, dass durch die Zahnung, welche das Auf- und Abwickeln sichert und ein Gleiten der Rolle auf dem Leder verhindert, keine Spannung in das Leder gebracht wird, da diese mit der Zeit die Ursache zum Einreissen und Schlitzen des Leders wird; letzteres soll nur als eine elastische Verbindung der Armirungsschienen mit einander dienen. Bei Gefällen über $3^m$ ist wegen des zu grossen Wasserdruckes die Lederdecke nicht mehr anwendbar, während bei niederen Gefällen das mit angenieteten Eisenschienen armirte Leder den Wasserdruck ohne Formveränderung aushält. Wegen der berührten Zellenverengung ist der Rollschützen besser bei grossen, nicht aber bei kleinen Turbinen anwendbar.

Ich halte den Rollschützen in den für ihn passenden Anwendungsfällen noch nicht für veraltet, da die neueren Schieberconstructionen ihn an Zweckmässigkeit noch nicht übertroffen haben.

Die Rundschützen gestatten durch einfache Transmission eine Regulirung der Turbine von den Arbeitsräumen aus; an den Regulir-Standpunkten wird ein Indicator zum Anzeigen der Anzahl der geöffneten Leitradzellen angebracht.

Für manche Fabrikationen, welche eine grosse Gleichförmigkeit des Ganges des Motors bei wechselnder Belastung desselben erfordern, ist eine zuverlässige mechanische Selbstregulirung von hohem Werthe. Die bisher bekannten Apparate zu diesem Zweck beruhen auf der Anwendung eines Centrifugalregulators, Gebläses oder Pumpwerkes, Differentialgetriebes u. s. w., um mittelst eines dieser Apparate einen bei Geschwindigkeitsänderung verschiebbaren Maschinentheil zu erhalten, welcher entweder direct auf den Regulirmechanismus oder indirect auf denselben dadurch wirkt, dass ein in Bewegung befindlicher Transmissionstheil (Riemenscheibe, Zahnrad, Klinkerhebel, Klauenmuffe u. s. w.) den Betrieb auf den Regulirapparat überträgt bezw. denselben aufhebt. Von der directen Einwirkung ist, als einer beim grösseren Betriebe längst als unbewährt erkannten Einrichtung, abzusehen, bei der indirecten Einwirkung und Transmissions-Vermittelung finden jedoch Uebelstände statt, welche den Werth der Selbstregulirung wesentlich beschränken oder sogar aufheben. Durch die einrückende Stellung des betreffenden verschiebbaren Maschinentheiles wird die Regulirung plötzlich in Bewegung gesetzt und arbeitet eine gewisse Zeit, wenn auch die Geschwindigkeitsänderung nur vorübergehend und von kurzer Dauer war; es wird dieser Uebelstand auch nicht wesentlich dadurch gemildert, dass dem verschiebbaren Maschinentheil ein gewisses Spiel der Bewegung gegeben wird, ehe über diese Grenze hinaus die Einrückung erfolgt. Ein weiterer Uebelstand ist der, dass mit erfolgter Einrückung der Apparat eine constante Bewegungsgeschwindigkeit erhält und die Schützenbewegung mit derselben Geschwindigkeit vor sich geht, gleichviel ob die Belastungsveränderung am Motor gering oder gross war; der Beharrungszustand des einleitenden Regulirmittels und die Reibungswiderstände im Ein- und Ausrückapparate verzögern die rechtzeitige Auslösung und es tritt der Uebelstand des Zuviel- oder Ueberarbeitens dieser Selbstregulirungen ein. Durch Anwendung von conischen oder expandirenden oder Stufen-Riemenscheiben, oder durch Satzräder u. s. w. kann dieser Uebelstand mehr oder weniger gemildert, nie aber beseitigt werden, da der Apparat eine gegebene constante Transmissionsgeschwindigkeit benutzt.

Als ein, die angedeuteten Uebelstände vermeidender Apparat dürfte die mir unter dem 26. Februar 1878 für das Deutsche Reich patentirte selbstthätige hydraulische Schützvorrichtung zu betrachten sein, über deren Princip Folgendes bemerkt sei.*) Die Vorrichtung besteht aus drei Haupttheilen: dem Regulator, welcher die Geschwindigkeitsveränderung aufnimmt, dem hydraulischen Kolben, welcher unter dem Drucke des Oberwassers oder künstlich gespannten Wassers auf den Rundschützen oder die sonst vorhandene Schützvorrichtung wirkt, und aus dem zwischen Regulator und Kolben befindlichen dritten Haupttheile, der Steuerung, welche unter dem Einflusse des Regulators die Zuführung des Druckwassers nach dem hydraulischen Kolben bewirkt oder abschliesst. Der Kolben bewegt sich entweder in einem Cylinder geradlinig oder in einem ringförmigen Gehäuse in einer Kreislinie. Der Steuerapparat enthält einen, beim Zu- und beim Abfluss des Wassers äquilibrirten Doppelkolben; an dem Steuerapparat ist die eigenthümliche Form der Eintrittsquerschnitte in die Verbindungscanäle wesentlich; beim Beginn der Oeffnung findet nur ein sehr geringer Durchflussquerschnitt statt, welcher mit fortschreitender Kolbenbewegung schneller wächst. Es wird

*) Auf den beiden Tafeln der Patentschrift No. 2461 ist der Apparat in Verbindung mit Rundschützen an Axial- und Radialturbinen gezeichnet.

hierdurch bewirkt, dass der Kraftkolben nicht plötzlich unter die volle Spannung des Druckwassers versetzt, sondern diese Spannung dem Hubgrade des Regulators entsprechend vermindert, dem Kraftkolben also bei geringem Hube des Regulators eine nur allmälige und langsame Bewegung gegeben wird. Diese, dem Veränderungsgrade der Geschwindigkeit des Motors angepasste veränderliche Regulirungs-Energie verleiht dem Apparate eine zuverlässige, praktische Wirksamkeit; in der That genügt die Gleichförmigkeit des Ganges der mit diesem Apparate versehenen Turbinen, unter welche grosse Turbinen für Spinnerei und Weberei zählen, den in den engsten Grenzen zu stellenden Anforderungen.*)

*) Das Ausführungsrecht für diese Patent-Regulirung ist der Firma H. Queva & Co. in Erfurt übertragen.

(Fortsetzung folgt.)

# Vermischtes.

## Die Meyer'sche Steuerung mit Bogendreiecken.

Von Otto Köbler in Aachen.

(Hierzu Blatt 1 und 2.)

Durch Anwendung eines Bogendreiecks bei der einfachen Schiebersteuerung wird ein sehr schnelles Oeffnen und Schliessen der Dampfcanäle erreicht. Man hat nun vorgeschlagen, auch die Schieber der Meyer'schen Steuerung durch Bogendreiecke zu bewegen und glaubt dadurch gleiche Vortheile wie bei der einfachen Steuerung zu erzielen. Verfasser hat besagte Steuerung mittelst Schieberdiagramm untersucht und gefunden, dass dieselhe, was präcisen Schluss, die Grösse der Schieberreibungsarbeit u. s. w. anbelangt, weit hinter der gewöhnlichen Meyer'schen Steuerung zurücksteht. Die Resultate der Untersuchung werden im Nachstehenden mitgetheilt.

Denkt man sich ein gleichseitiges Bogendreieck (die Untersuchung beschränkt sich der Einfachheit wegen auf diesen Fall) zunächst ohne Voreilung aufgekeilt, so ist der Schieberweg vom Schieberspiegelmittel aus gerechnet, bei einer Drehung der Kurbel aus ihrer todten Punktlage um den Winkel $\omega$ nach Fig. 1, Blatt 1,

$$\xi = AA_1 = OA_1 - OA$$
$$\xi = r\cos[90^0 - (\alpha + \omega)] - r\cos(90^0 - \alpha)$$
$$\xi = r\sin(\alpha + \omega) - r\sin\alpha$$
$$\xi = r\sin\alpha\cos\omega + r\cos\alpha\sin\omega - r\sin\alpha,$$

setzt man $r\sin\alpha = a$ $\left(\text{da } \sin\alpha = 30^0, \text{ so ist } a = r\sin\alpha = \frac{r}{2}\right)$ und $r\cos\alpha = b$, so entsteht:

$$\xi = a\cos\omega + b\sin\omega - a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Ist der Eckpunkt $B$ nach $A$ gekommen, so hat $\xi$ sein Maximum erreicht, nämlich:

$$\xi_{max} = r - a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Diese grösste Auslenkung bleibt während der nun folgenden Kurbeldrehung um den Winkel $2\alpha$ bestehen d. h. der Schieber bewegt sich nicht, bis $C$ in $A$ angekommen ist. Alsdann beginnt die Rückbewegung nach demselben Gesetze wie vorher der Hingang. Trägt man den Ausdruck $a\cos\omega + b\sin\omega$ aus Gl. (1) als Radiusvector zu den zugehörigen Winkeln $\omega$ auf, so entsteht ein Kreis, Fig. 2, der auf den rechtwinkligen Coordinatenaxen die Stücke $a$ und $b$ abschneidet und durch den Coordinatenmittelpunkt $O$ geht. Der Winkel, welchen der durch $O$ gehende Durchmesser mit der Ordinatenaxe einschliesst, ist dann $\alpha = 30^0$. Denn nach Zeuner ist eine Gleichung von der Form $x = a\cos\omega + b\sin\omega$ die Polargleichung eines Kreises genannter Eigenschaft. (Zeuner, „Schiebersteuerungen", S. 17.) Um die Schieberwege für die einzelnen Kurbelstellungen zu erhalten, muss nach Gl. (1) vom Radiusvector jedesmal die Constante $a$ subtrahirt werden, dies geschieht durch Schlagen eines Kreises aus $O$ mit dem Radius $a$. Während der weiteren Drehung der Kurbel ruht der Schieber, bis die Kurbel sich um $2\alpha$ gedreht hat; die graphische Darstellung der Schieberwege ist danach ein Kreis aus $O$ mit $r$ geschlagen. Bei der Rückwärtsbewegung sind die Schieberwege symmetrisch zu denen des Hinganges, und das Diagramm ist durch einen Halbkreis mit dem Radius $\frac{r}{2}$ abgeschlossen. Von jedem Radiusvector ist noch die Constante $a = \frac{r}{2}$ zu subtrahiren. Der Kreis $a$ oder Nullkreis wird daher fortgesetzt, und sind von ihm alle Grössen abzutragen, wie $e$ die äussere Ueberdeckung, $a_0$ die Canalweite und $i$ die innere Ueberdeckung. Das Diagramm ist fertig und giebt vollständigen Aufschluss über alle auftretenden Fragen. Ist das Bogendreieck mit Voreilung aufgekeilt, so muss auch das Diagramm um den Voreilwinkel $\delta$ gegen die Horizontale gedreht werden, wie es in Fig. 3, Blatt 2, geschehen ist. Man ersieht aus dieser Figur, dass das Oeffnen und Schliessen der Eintrittscanäle sehr schnell von Statten geht, dass aber der Natur der Sache nach die Expansion, dies wird besonders hervorgehoben, sehr spät eintritt.

Ersetzt man die Kreisexcentriks der Meyer'schen Steuerung durch Bogendreiecke, so kann man für jeden Schieber das eben entwickelte Diagramm verzeichnen, es ist dies in Fig. 4, Blatt 1, geschehen. Man erhält die relativen Schieberwege des Expansionsschiebers zum Grundschieber für die einzelnen Kurbelstellungen in den Entfernungen der beiden Schiebermittel. Befinden sich beide Schieber auf derselben Seite der Schieberspiegelmitte, so ist ihre gegenseitige Entfernung gleich der Differenz ihrer einzelnen Entfernungen vom Schieberspiegelmittel. Sind die beiden Schieber auf verschiedenen Seiten, so ist ihre Relativentfernung gleich der Summe der beiden Entfernungen. Trägt man hiernach die Relativbewegungen für die einzelnen Kurbelstellungen auf dieselben als Polarcoordinaten vom Coordinaten-Mittelpunkt $O$ aus ab, so erhält man z. B. für die Stellung 0,8 die Entfernung beider Schiebermittel $OR = AB + CD$ und für die Stellung 0,3 die entsprechende Entfernung $OS = EF - GH$ u. s. f. Wendet man diese Construction für die übrigen Kurbelstellungen ebenfalls an und verbindet die erhaltenen Punkte durch eine stetige Linie, so erhält man eine eiförmig gestaltete Curve, die Relativ-Schiebercurve. Dieselbe spielt hier dieselbe Rolle, wie der Relativ-Schieberkreis bei der gewöhnlichen Meyer'schen Steuerung.

Der Grundschieber schliesst, worauf bei der einfachen Steuerung besonders aufmerksam gemacht wurde, sehr spät ab; hiervon ist die Folge, dass die grösste erreichbare Füllung eine beschränkte ist. Bei dem behandelten Beispiel muss bei der Kurbelstellung $OL$ wenigstens der Expansionsschieber abgeschlossen haben, würde er später abschliessen, so entstände ein doppelter Dampfeintritt. Der Maximalfüllungsgrad ist somit ungefähr gleich 0,6, und es wird ein Stück $KMRL$ der relativen Schiebercurve nicht benutzt; es ist also unnöthige Schieberreibung vorhanden. Ueberhaupt haben die relativen Schieberwege bedeutende Grössen. Dies sind Nachtheile der Steuerung ebenso wie der kleine Maximalfüllungsgrad.

Was nun die Schnelligkeit des Dampfabschlusses anbelangt, so lässt sich darüber am besten urtheilen, wenn man die Bewegung der schliessenden Kante $k_1$ zur Kante $k$ (Fig. 6, Blatt 2) als Parallelcoordinaten abträgt und zwar die Kolbenwege als Abscissen und die zugehörigen Entfernungen $k_1$ von $k$ als Ordinaten. Dabei wird der Vertheilungsschieber als ruhend gedacht. Würde kein Expansionsschieber vorhanden, oder derselbe in relativer Ruhe sein, so würde die Oeffnung $a_1$ während des ganzen Kolbenweges offen bleiben; die graphische Darstellung, in Fig. 5 ausgeführt, ist also eine gerade Linie im Abstand $a$ der $X$-Axe parallel laufend. Der Expansionsschieber bewegt sich aber, und man erhält die einzelnen Entfernungen der Kante $k_1$ von $k$ etwa für den Maximalfüllungsgrad auf folgende Weise. Ist die Kurbel in der Lage $OL$, wo die Maximalfüllung eintritt, so hat der Expansionsschieber

gerade abgeschlossen, die Ordinate ist folglich Null. In der Kurbelstellung 0,6 ist $ON$ die Ausschiebung von $k_1$ aus seiner Mittellage in Beziehung zum Grundschieber, demnach die Entfernung $k_1 k$ oder $\eta = NP$, diese Entfernung wird als Ordinate in Fig. 5 zur Kurbelstellung 0,6 aufgetragen. Bei 0,5 ist die Entfernung $k_1$ von $k$ also $\eta_1 = QR$, dies trägt man ebenfalls zur Kurbelstellung 0,5 in Fig. 5 als Ordinate auf u. s. w., man gelangt dadurch zu der verzeichneten Curve. Wenn man diese Abschlusscurve auch für die übrigen Füllungsgrade construirt, so entsteht ein Diagramm, aus dem man ersieht, dass der Canal $a_1$ namentlich bei kleinen Füllungsgraden sehr schleichend und ungünstig verengt, der Dampf also arg gedrosselt wird. Bei der gewöhnlichen Meyer-schen Steuerung ist gerade bei den kleinen Füllungsgraden der Dampfabschluss ein präciser, und das wünscht man auch, da diese Füllungen die gebräuchlichsten sind.

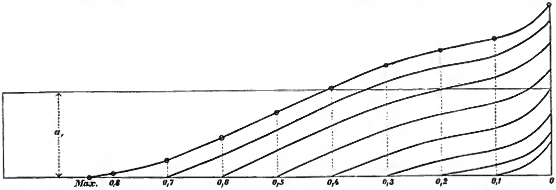
Man könnte nun analog wie Zeuner es von der gewöhnlichen Steuerung verlangt, auch hier verlangen, dass die Maximalentfernung der beiden Schiebermitten $OM$ in die Richtung $OJ$ fällt, oder doch wenigstens unweit von ihr entfernt ist, so dass keine unnöthige Schieberreibung zu erwarten und der erreichbare Maximalfüllungsgrad ein grösserer ist. In Fig. 7, Blatt 1, sind die Verhältnisse so gewählt, dass ein Füllungsgrad von mehr als 0,8 möglich ist. Man ersieht aber aus dem zugehörigen Parallelcoordinaten-Diagramm Fig. 8, dass dann eine sehr bedeutende Dampfdrosselung bei fast allen Füllungsgraden eintritt, so dass diese Anordnung unbrauchbar erscheint.

Von einer guten Steuerung verlangt man, dass

1) der Dampfeintrittscanal schnell eröffnet und

2) derselbe auch schnell abgeschlossen wird. Ersteres wird durch die Anwendung eines Bogendreiecks zur Bewegung des Vertheilungsschiebers erreicht. Durch das Voraufgegangene ist man belehrt worden, dass bei Gebrauch eines Bogendreiecks zur Bewegung des Expansionsschiebers die Dampfabschlüsse nicht so präcise sind, wie man verlangen kann. Behält man nun zur Bewegung des Grundschiebers ein Bogendreieck bei, lässt aber die Bewegung des Expansionsschiebers durch ein gewöhnliches Kreisexcentrik erfolgen, so entsteht ein Polardiagramm, wie es Fig. 9 zeigt, bei welchem die Relativcurve wieder punktweise construirt ist. Dieses Diagramm lehrt uns, dass auch hier die Relativwege sehr gross sind, und dass der grösste erreichbare Füllungsgrad klein ist (0,67), so dass abermals ein grosses Stück der relativen Schiebercurve unbenutzt bleibt. Dagegen sind nach dem zugehörigen Parallelcoordinaten-Diagramm, Fig. 10, Blatt 2, die Dampfabschlüsse präciser als bei der vorher behandelten Anordnung.

Um einen Vergleich anstellen zu können, ist in Fig. 11 das Diagramm einer gewöhnlichen Steuerung für genau dieselben Verhältnisse, also gleiche Excentricitäten u. s. w. und gleiche Maximalfüllung verzeichnet. Man sieht zunächst, dass die relativen Schieberwege, daher die Arbeit der Schieberreibung, kleiner sind als in Fig. 9. Ferner sieht man aber aus Fig. 12, dass auch die Dampfabschlüsse für die meisten Füllungsgrade von 0 bis 0,5 schneller sind als bei der genannten Steuerung. Um nun auch von der Canaleröffnung in beiden Fällen ein deutliches Bild zu erhalten, ist in Fig. 13 die Eröffnung des Eintrittscanals $a$ (man sehe Fig. 6) durch den Grundschieber, wenn er mit einem Bogendreieck bewegt wird, graphisch verzeichnet, indem die Entfernungen der Kante $m_1$ von $m$ für die entsprechenden Kolbenstellungen als Ordinaten aufgetragen sind. Dasselbe ist in Fig. 14 für das Kreisexcentrik geschehen. Indem man beide Diagramme vergleicht, wird man finden, dass die Geschwindigkeit der Canaleröffnung im letzten Falle nur sehr wenig hinter der im ersten zurücksteht. Man wird folglich im grossen Ganzen der gewöhnlichen Anordnung den Vorzug geben müssen. Zum Schluss ist in Fig. 15 das Polardiagramm einer Steuerung mit Bogendreieck und Excentrik von solchen Verhältnissen verzeichnet, dass man eine grosse Maximalfüllung erreicht. Die relativen Schieberwege sind dabei sehr klein; das zu der Anordnung gehörige Parallelcoordinaten-Diagramm in beistehendem Holzschnitt zeigt aber, dass dieselbe, was Dampfabschluss anbelangt, nichts Verlockendes hat.




Um die sämmtlichen Nachtheile der Meyer'schen Steuerung mit Bogendreiecken noch einmal aufzuzählen, so sind nach dem Voraufgegangenen zu nennen: grosse Schieberreibung, kleine Maximalfüllung und doch kein schneller Abschluss durch den Expansionsschieber. Diese Uebelstände sind am grössten bei Anwendung von zwei Bogendreiecken. Dass die Bogendreiecke in praktischer Beziehung den einfachen Kreisexcentriks weit nachstehen, wird nur der Vollständigkeit wegen hier erwähnt.

## Ueber den Kraftbedarf des Walzwerksbetriebes.

Von R. M. Daelen.

Es gereicht mir zu grossem Vergnügen, dass meine Mittheilungen im Februarheft v. J. über „den Dampfmangel und die Dampfersparniss in Walzwerken" die Anregung zu zwei so schätzenswerthen Arbeiten, wie sie Hr. E. Freytag im Augustheft und Hr. Richard Wels im Septemberheft geliefert haben, gegeben hat, und schliesse ich mich den darin ausgesprochenen Wünschen, dass auch ferner noch andere Fachgenossen auf der gegebenen Basis weiter bauen möchten, um so lieber an, da ich überzeugt bin, dass das Feld der Walzenstrassen und deren Betriebsmaschinen für den Constructeur ein noch sehr dankbares ist, und jede Aufklärung durch Resultate aus der Praxis grossen Werth hat.

Da in dem bisher Gelieferten wesentliche Meinungsverschiedenheiten nicht aufgetreten sind, so gestatte ich mir, nur zu den Aufstellungen des Hrn. Freytag, soweit dieselben bereits eine Verallgemeinerung der gewonnenen Schlüsse enthalten, einige zusätzliche Bemerkungen:

Zu 1) „Alle Strecken, welche stets demselben Zwecke dienen, können und sollen ökonomisch arbeiten" und

zu 2) „Alle Strecken mit ausgedehntem Arbeitsfeld u. s. w. können im Ganzen nicht ökonomisch betrieben werden" muss bei Bestimmung der Stärke einer Walzenzugmaschine beachtet werden, dass auch bei ein und demselben Fabrikat der Kraftbedarf für die Streckarbeit ein so sehr verschiedener ist, dass eine gewisse Gleichmässigkeit, welche nach obigen Aufstellungen den Constructeur zur Beschaffung einer ökonomisch arbeitenden Dampfmaschine bedingen müsste, nur in

den seltensten Fällen gewährt werden kann; derselbe muss vielmehr die Aufgabe lösen, trotz der weit aus einander liegenden Grenzen das Möglichste in Oekonomie zu leisten; und hierin liegt der vornehmste Grund für die Anwendung von Präcisionssteuerungen an Walzenzugmaschinen.

Die seitens der Praxis dagegen erhobenen Einwendungen werden im Wesentlichen durch die zu erreichenden Vortheile direct gehoben; man sagt:

1) „Die Dampfspannung in den Walzwerken ist so schwankend, dass hohe Expensionsgrade nicht möglich sind."

Diese Schwankungen sind eben die Folgen der Dampfvergeudung in den Hauptbetriebsmaschinen und werden mit derselben beseitigt.

2) „Die für den Walzwerksbetrieb geeigneten Maschinisten sind robuste Naturen, von denen man nur zur Noth die Instandhaltung der heutigen, einfach construirten Maschinen erlangt."

Dies ist bis zu einem gewissen Grade richtig; die Aufmerksamkeit derselben ist aber jetzt auch stets getheilt zwischen der Maschine und der Walzenstrasse, sie sind während des Betriebes an die Drosselklappe gefesselt und benutzen die Pausen zur Ruhe, während das Vorhandensein eines Regulators ihnen gestattet, auch während des Betriebes die ganze Thätigkeit der Pflege der Maschine zu widmen, so dass also infolge der Erleichterung auch erhöhte Ansprüche bezüglich der Instandhaltung gestellt werden können.

Die ungünstigen Resultate, welche vielfach durch Anwendung von Steuerungen mit variabler Expansion ohne Regulator erzielt sind, können als abschreckende Beispiele hier nicht dienen, denn diese bedingen höhere Anforderungen an die Thätigkeit der Maschinisten, ohne dieselben andererseits zu entlasten, wodurch deren Vorliebe für die Drosselkleppe erklärt wird. Es ist auch nicht zutreffend, dass die letztere doch noch zu dem Regulator vorhanden sein müsse, wenn während des Betriebes verschiedene Geschwindigkeiten erforderlich sind, denn die Regulatoren werden durch ein an demselben angebrachtes verstellbares Gewicht eingestellt.

Nach Ueberwindung dieser Vorurtheile wird jedenfalls im Allgemeinen durch Vervollkommnung der Betriebsmaschinen eine grössere Ersparniss gegenüber dem jetzigen Zustande erzielt werden können als 15 pCt., um so mehr da die Aufgabe der Herstellung einer für den vorliegenden Zweck vollkommen geeigneten Präcisionssteuerung, welche mit Sicherheit zwischen $^1/_{10}$ bis $^{10}/_{10}$ Füllung regulirt, bereits nach verschiedenen Systemen erfüllt worden ist.

Die grossen Reibungswiderstände, welche sich für den Betrieb der Walzen beim Leergange ergeben, zeigen indessen um so mehr dahin, dass der Lagerung derselben besondere Aufmerksamkeit bei der Construction zu widmen ist. Dies ist nun bei der Anlage von Borsig-Werk geschehen, wie ein früherer Bericht in dieser Zeitschrift mitgetheilt hat; es dürfte also wol als Punkt 6) den Bedingungen hinzuzufügen sein, welche bei Anlagen der Berücksichtigung empfohlen werden.

Den Ausführungen über die Frage: „Trio oder Reversirstrecke vermittelst Dampfumsteuerung" gegenüber ist nur zu bemerken, dass meine Behauptung, der Anwendung dieser Systeme werde durch die Anforderungen der Praxis die Grenze bestimmt, durch die Neuanlagen der letzten Jahre im Wesentlichen bestätigt wird, und wenn einzelne Werke die Versuche mit der letzteren auch für die Profileisen und Stahlschienenfabrikation einzuführen fortsetzen, so ist darin mehr eine Liebhaberei oder eine Speculation von Maschinenfabrikanten zu sehen als der Einfluss eines praktischen Walzwerks-Ingenieurs.

Die Reversirmaschine ist theurer in der Anlage und im Betriebe als das Trio, und ihr Wesen entspricht nicht dem wohlbegründeten Streben, für obige Fabrikationen möglichst hohe Geschwindigkeiten einzuführen, so dass die Möglichkeit der Ersparniss an Arbeitskraft infolge der Begrenzung der Production doch nicht ausgenutzt werden kann.

# Technische Literatur.

## Mechanik.

**Dr. Julius Weisbach's Ingenieur- und Maschinen-Mechanik.** Bearbeitet von Gustav Herrmann, Prof. an der königl. polytechnischen Schule zu Aachen. Dritter Theil: Die Mechanik der Zwischen- und Arbeitsmaschinen. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Abtheilung: Die Zwischenmaschinen. Zweite verbesserte und vervollständigte Auflage. Siebente und achte Lieferung. S. 577 bis 768. (Preis 4 *M.*). Braunschweig, 1878. Fr. Vieweg & Sohn. —

In der vorliegenden Doppellieferung wird zunächst die Lehre von den Seilen und Ketten abgehandelt, die Festigkeitsverhältnisse derselben, Schlösser und Rollen für Seil- und Kettenbetrieb. Im nächsten Capitel werden dann die Schrauben besprochen, die Gewindeformen, ihre Verwendung zur Bewegung und als Befestigungsschrauben und die ihnen zu gebenden Abmessungen. Den grössten Theil des Raumes nimmt der Abschnitt über das Kurbelgetriebe ein, d. h. die Lehre von der Verwandlung der rotirenden Bewegung in eine hin- und hergehend geradlinige. Nach einer Darstellung der allgemeinen Bewegungsverhältnisse des Kurbelvierecks werden die gebräuchlicheren Specialfälle desselben (besonders die gewöhnliche Kurbel) eingehender betrachtet, die bei der Kurbelbewegung auftretenden Kräfte, der Einfluss der hin- und hergehenden Massen, der Lenkerstangen u. s. w. untersucht. Den Schluss der betrachteten Fälle bildet die Kurbel mit veränderlicher Stangenkraft, wie sie bei Dampfmaschinen, Wasserpumpen u. dergl. auftritt. R. Z.

**Beitrag zur Theorie des Erddruckes** auf Stützmauern und Stabilitätsbestimmung derselben. Von Dr. W. Wittmann, Privatdocent am königl. Polytechnikum zu München. Mit 5 Tafeln Abbildungen. 31 S. (Preis 2 *M.*) München, 1877. Th. Ackermann. —

Der Verfasser weist in der vorliegenden Broschüre, einem Separatabdruck aus der „Zeitschr. des bayerischen Architekten- und Ingenieurvereines", klar und eingehend nach, dass man auf graphischem Wege die Stabilitätsverhältnisse von Futtermauern bei weitem schneller und übersichtlicher feststellen könne als auf dem der Rechnung. Die neue Methode, welche der Verfasser dafür vorschlägt, ergiebt sich als besonders geeignet, die obige Behauptung durch die That zu begründen. R. Z.

**Elementare Theorie des Erddruckes und Berechnung der Stützmauern** von Franz Kreuter, Ingenieur und k. k. Professor in Brünn. Mit einer lithogr. Tafel. 59 S. Leipzig, 1877. Wilh. Engelmann. —

Der Verfasser hat die Aufgabe durchgeführt, die Theorie des Erddruckes allein mit Hilfe der niederen Mathematik zu entwickeln, und wenngleich nicht alle Schwierigkeiten überwunden wurden, deren Lösung in das Gebiet der höheren Analysis fallen, so nimmt nichts desto weniger die Arbeit eine hohe Stelle ein, und bietet den Bautechnikern, die sich mit dem Studium der höheren Mathematik entweder nicht befasst haben oder aus Mangel an Uebung in derselben nicht mehr bewandert sind, eine wissenschaftlich begründete Einsicht in die ziemlich complicirten Verhältnisse dieses Abschnittes der Baumechanik. Den mathematischen Entwickelungen ist eine Reihe Anwendungen beigefügt, welche dem Praktiker die Richtigkeit der Theorie bestätigen. Dm.

**Taschenbuch der Festigkeitslehre.** Ein Anhang zu Lehrbüchern der reinen Mechanik. Bearbeitet von Dr. August Kurz, Prof. der Physik und Mechanik an der k. Industrieschule in Augsburg. Mit Holzschnitten und einem Anhang über Mechanik der wässrigen und luftförmigen Körper. 54 S. Berlin, 1877. Ernst & Korn. —

Das kleine Buch giebt die Formeln und Sätze der Festigkeitslehre mit kurzen Herleitungen, theilweise mit Beispielen erläutert, so dass es sich recht gut zu einem Repetitionsbuch und zum Nachschlagen eignet. Die zugefügten Sätze über Hydro- und Aerodynamik werden für den Constructeur von Motoren ganz angenehm sein. R. Z.

## Bauwesen.

**Die Baustyle.** Praktische Anleitung zur Kenntniss derselben und ihres Werthes für das künstlerische Schaffen des Architekten und Bauhandwerkers. Bearbeitet von Carl Busch, Architekt u. s. w. in Darmstadt. Erster Theil. Dritte verbesserte Auflage. 256 S. (Preis 4 ℳ). Leipzig, 1878. Otto Spamer. —

Die Aufgabe, welche sich der Verfasser gestellt hat, die Baustyle theoretisch und praktisch zu behandeln, also den angehenden studirenden Architekten in das Wesen und die Bedeutung der einzelnen Formtheile einzuführen und dem schaffenden Baumeister ein Hilfs- und Nachschlagebuch in die Hand zu geben, ist eine so weit gehende, dass die bündige Lösung derselben um so grössere Anerkennung verdient.

Der Inhalt des vorliegenden ersten Theiles ist in vier Abschnitte geordnet.

Der erste behandelt die Grundsätze des baukünstlerischen Schaffens, die Begründung der Formenbildung nach den beiden an dieselbe gestellten Anforderungen der Zweckmässigkeit und der Schönheit.

Der zweite und dritte enthält die Darstellung der Baukunst der Griechen und Römer, ausgehend von der geschichtlichen Entwickelung, und schliessend mit dem Verfall der classischen Baukunst beider Völker. Es wird Niemand Neues in diesen Abhandlungen erwarten, die reiche Literatur auf diesem Gebiete der Kunstgeschichte dürfte das Material erschöpft haben. Wem aber an einem gedrängten Ueberblicke über die classischen Bauwerke der Griechen und Römer gelegen ist, dessen Wunsch hat der Verfasser bestens erfüllt.

Der vierte Abschnitt lehrt die Regeln und Schemata, welche aus den Verhältnissen der verschiedenen Gattungen des Säulenbaues abgeleitet sind, und deren Kenntniss fördernd wirkt für Nachbildungen und Neuschöpfungen.

Die in Aussicht gestellten folgenden zwei Theile werden der Baukunst des Mittelalters und der der Neuzeit gewidmet sein.

Die ausserordentliche Reichhaltigkeit und vorzügliche Ausführung der Holzschnitte, hervor gegangen aus der artistischen Anstalt der Verlagshandlung, verdient besondere Anerkennung. Dm.

---

**Die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs.** Chemische Beiträge zur Analyse gewöhnlicher Lauf-, Nutz- und Trinkwässer, sowie zu der Frage der Wasserversorgung grosser Städte, vom sanitären und gewerblichen Standpunkte. Von Dr. F. Wibel. 152 S. 4. (Preis 6 ℳ). Hamburg, 1876. Otto Meissner.

Diese interessante Monographie entrollt ein lebhaftes Bild von den betreffenden Hamburger Zuständen und von der grossen Schwierigkeit einer guten Wasserversorgung volkreicher Städte.

„Seit Jahren“, sagt der Verfasser im Vorworte, „werden die Gemüther der Bewohner Hamburgs durch die „Wasserfrage“ in Erregung gehalten; alle Versuche einer schnelleren Lösung aber sind an den vielfach abweichenden Vorschlägen und Ideen gescheitert, die immer aufs Neue hervortraten und bald einen grösseren, bald einen geringeren Einfluss gewannen. Für den ruhigen Beobachter musste hierbei vor Allem ein Wunsch geweckt werden, der Wunsch nämlich nach dem thatsächlichen Material, ohne dessen Besitz ein entscheidendes Urtheil in der ganzen Angelegenheit sehr erschwert wurde.“

Dieses Material, die Kenntniss der Fluss- und Bodenwässer Hamburgs nach ihrer chemischen Constitution und ihrer sanitären wie gewerblichen Brauchbarkeit, liefert der Verfasser auf das Vollständigste in dem ersten Theile seiner Monographie. Nachdem er die angewendeten Methoden der Analyse vorausgeschickt, theilt er die Ergebnisse derselben mit, und zwar der Flusswässer der Elbe, der Bille, der Alster und der Eilbeck; ferner der Quell-, Brunnen- und Grundwässer und endlich der vorhandenen artesischen Brunnen. Als Schlussergebniss fällt der Verfasser (S. 109) folgendes Urteil:

„Das von der Stadtwasserkunst aus der Elbe bisher gelieferte Trink- und Nutzwasser ist sanitär wie gewerblich unbrauchbar und bedenklich, und zwar:

1) weil es mehr oder minder trübe und gefärbt, häufig geradezu widerlich ist;

2) weil es als das natürliche, keinem Reinigungsprocesse unterworfene Wasser eines grossen Stromes alle jene organischen Fäulnissmaterien und „Krankheitskeime“, wie auch grössere Organismen aller Art enthält, die in einem solchen naturnothwendig vorkommen müssen, und die als direct oder indirect schädlich angesehen werden.

Ebenso ist die überwiegende Mehrzahl der Quell- und Brunnenwässer Hamburgs in gesundheitlicher und gewerblicher Beziehung für vollständig unbrauchbar, weil inficirt, zu erklären.

Demnach ist die bisherige Wasserversorgung Hamburgs nach allen Richtungen hin eine sanitär wie gewerblich äusserst ungenügende und bedarf dringend einer radicalen Verbesserung.“ —

Die Besprechung der verschiedenen Verbesserungsvorschläge und die daran geknüpften Untersuchungen über künstliche Reinigung des Wassers bilden den Hauptgegenstand der zweiten Abtheilung des Werkes. Zunächst untersucht der Verfasser auf Grund der bekannten Danziger Resolution: „für Anlage von Wasserversorgungen sind in erster Linie geeignete Quellen, natürliche oder künstlich erschlossene, in Aussicht zu nehmen u. s. w.“, die Möglichkeit, Hamburg mit Quellwasser zu versorgen. Ohne von den auf Hamburger Gebiet entspringenden und früher so gerühmten, jetzt vollständig verdorbenen Quellen weiter zu reden, werden die artesischen Brunnen und die Möglichkeit, mit solchen Hamburg wenigstens mit Trinkwasser zu versorgen, einer näheren Untersuchung unterzogen, und es wird gezeigt, dass weder diese noch Rohrbrunnen eine sichere Garantie gegen die Infection ihrer Wässer bieten. Am meisten aber spricht dagegen die vollständig ungenügende Quantität: Der Wasserbedarf von Hamburg ist schon jetzt 80000$^{cbm}$ pro Tag, während die bekannten artesischen Brunnen nur etwa 2000$^{cbm}$ liefern, welches Quantum etwa auf 8000$^{cbm}$ erhöht werden kann. Ebenso scheitert der Vorschlag, neben der bestehenden Brauchwasserleitung eine besondere Trinkwasserversorgung einzurichten, an der Schwierigkeit, einen solchen gesonderten Betrieb zu controliren.

Auch andere Projecte, welche wol aufgetaucht sind, als das Abfangen der Quellen der vorhandenen kleinen Flüsse, die Ausnutzung der Binnenseen des mittleren Holsteins oder die Anlage eines mächtigen Aquäductes bis zum Harzgebirge, leiden an dem Mangel der Ausführbarkeit wegen der übermässig grossen Kosten und der unübersehbaren staats- und privatrechtlichen Streitfragen.

„Wenn demnach“, sagt der Verfasser, „der hilfesuchende Blick wieder auf den heimischen Boden zurückgedrängt wird, so wäre hier vielleicht noch eine Idee in Erwägung zu ziehen, deren Verwirklichung wir bei anderen Städten vollzogen sehen und welche auf dem Princip der natürlichen Bodenfiltration beruht.“ Eine solche Anlage ist indess nur möglich bei einer weit ausgedehnten, gleichmässigen Ablagerung mächtiger Kies- und Sandschichten, welche als filtrirende wirken. Solche fehlen aber bei Hamburg gänzlich, und daher bleibt für diese Stadt nichts übrig, als die Benutzung des Elbwassers.

Wie schon nachgewiesen wurde, kann dasselbe in seinem natürlichen Zustande indess nicht benutzt werden; eine Klärung durch grosse Klärbassins reicht zur Reinigung desselben und zur Entfernung der zahlreichen Organismen nicht aus, und es bleibt daher unter den zulässigen Mitteln nur die Filtration übrig. Diese kann zweierlei Art sein. Man kann nämlich das Flusswasser unfiltrirt bis an die Zapfstellen führen und dort filtriren, oder aber an einer Centralstelle der Filtration unterwerfen und das filtrirte Wasser direct zum Consum bringen. Die erstere Art, „die periphere Filtration“, würde, schwer controlirbar wie sie ist, den einzelnen Einwohnern überlassen, nur in seltenen Fällen zur Ausführung kommen und also die sanitären Mängel im Allgemeinen nicht heben. Die andere Art, „die Centralfiltration“, mittelst Filterbassins durch Sand und Kies, bleibt demnach nach der Ansicht des Verfassers die ultima ratio für die Stadt Hamburg. Er schliesst seine Untersuchungen und Deductionen mit folgendem Resultate:

Die centrale Sandfiltration unseres Elbwassers wird bei guter Anlage der Filterwerke ein sanitär vollständig brauchbares Wasser liefern:

1) weil sie ein unter allen Umständen klares, farb- und geruchloses Wasser bietet, indem sie die mineralischen Schlammtheile und organischen Fragmente entfernt;

2) weil sie ebenso alle gröberen Organismen (Fische, Krabben, Larven, Eingeweidewürmer und deren Eier u. s. w.) und sehr wahrscheinlich auch einen überwiegenden Theil der feineren (Algen, Infusorien) beseitigt.

3) weil sie von der im Wasser vorhandenen Gesammtmenge organischer Substanzen die Hauptmasse (mehr als $^2/_3$) bei Seite schafft, und bezüglich des Restes (von weniger als $^1/_3$) sanitäre Bedenken um so weniger gerechtfertigt sind, als das Elbwasser bei Hamburg die ihm von Ortschaften des Ober- und Unterlaufes zugeführten putriden Verunreinigungen nur in einem ausserordentlichen Verdünnungsgrade führt, die Hauptmenge der organischen Substanzen zweifellos aus vegetabilischen Materien besteht und die Sandfiltration nicht nur schwimmende sondern auch gelöste organische Stoffe abscheidet.

Zum Schluss wird noch der üble Zustand des vorhandenen Wasserrohrnetzes beleuchtet, welches theils durch die Schlammabsätze des unfiltrirten Elbwassers verunreinigt ist, theils von einer Fauna von Schalthieren und Mollusken bewohnt wird. Durch kräftige Spülung und durch die Einführung filtrirten Wassers meint der Verfasser binnen Jahresfrist das Rohrnetz reinigen zu können.

Wenn wir auch mit den Ansichten und Ausführungen des Verfassers nicht überall einverstanden sind, so können wir mit demselben doch darin nur übereinstimmen, dass unter den obwaltenden Verhältnissen für die Stadt Hamburg die Benutzung des Elbwassers, unter Anwendung der centralen Sandfiltration, die einzige ausreichende Art der Wasserversorgung ist.

Bei der hochgradigen Verunreinigung des Elbwassers wird der Betrieb der Filter allerdings ein sehr sorgfältiger sein müssen, wenn er wirksam sein soll, und die Kosten werden daher nicht unbedeutend sein. Auch mit anderen Uebelständen, welche diese Art der Wasserreinigung im Gefolge hat, z. B. der Abhängigkeit der Wassertemperatur von der der Luft, werden sich die Bewohner aussöhnen müssen.

L. Dff.

## Verschiedenes.

**Weisbach's Ingenieur.** Sammlung von Tafeln, Formeln und Regeln der Arithmetik, der theoretischen und praktischen Geometrie, sowie der Mechanik und des Ingenieurwesens. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage, unter Mitwirkung von F. Reuleaux, Professor u. s. w. Herausgegeben von G. Querfurth, Ingenieur und Professor am Polytechnikum zu Braunschweig. Mit zahlreichen Holzstichen im Text. Zweite, dritte und vierte Abtheilung (Schluss). S. 189 bis 931, 1 bis XVII, 12°. (Preis des ganzen Buches 10 ℳ). Braunschweig, 1875 bis 1877. Friedrich Vieweg & Sohn. —

Mit diesen drei Lieferungen ist das vorliegende Taschenbuch, welches durch seine eigenartige, lehrbuchähnliche Darstellungsweise ja in den weitesten technischen Kreisen seit vielen Jahren Freunde sich erwarb, in seiner neuen Umarbeitung vollständig erschienen. Wir haben das Erscheinen dieser neuen Auflage in einer ausführlicheren Besprechung (Bd. XIX, S. 443 d. Z.) mit Anerkennung begrüsst und wollen deshalb hier nur noch nachtragen, dass das Taschenbuch in demselben Geiste durchgeführt und beendet wurde, wie die erste Lieferung begonnen.

L.

**Preise für den Maschinenbau.** Ein Handbuch für Techniker und Gewerbtreibende, besonders behufs Aufstellung von Kostenanschlägen von S. Levitus, Ingenieur in Breslau. Zweite vollständig umgearbeitete und erweiterte Auflage. 463 S. (Preis 9 ℳ). Berlin, 1879. R. Gaertner. —

Das äusserst praktisch angelegte und gut durchgeführte Buch von Levitus hat bei seinem ersten Erscheinen allgemeinen Beifall gefunden, so dass die erste Auflage in gar nicht langer Zeit vergriffen war. Die Gründe, welche den Verfasser bis jetzt von Veranstaltung einer neuen Auflage zurückhielten, und die zumeist in den Zeitverhältnissen und dem Wechsel der Währung lagen, müssen wir gelten lassen und sind jetzt zufrieden, dass die Lücke wieder ausgefüllt ist.

Ein Blick auf den Umfang der neuen Auflage zeigt schon, dass diese gegen die frühere erhebliche Zusätze erfahren hat. Darunter finden wir denn auch früher übersehene Maschinen und Werkzeuge und dergl. mit Preisangaben, wir finden aber auch Elemente in das Buch aufgenommen, die unserer Meinung nach nicht recht hinein gehören. Das sind die Angaben, die in jedem Kalender zu finden sind: über Kesseldimensionen, Locomotivdetails u. s. w., Portosätze, Patentamt u. A. m. Die Kreis- und Gewichtstabellen wollen wir noch gelten lassen, obgleich auch sie dazu beitragen, eine sehr geschätzte Eigenschaft der früheren Auflage zu beeinträchtigen, nämlich die Bequemlichkeit, mit welcher man das Buch auf Reisen und zu Abschätzungen mit sich nehmen konnte. Der sachliche Inhalt dieser Zusätze ist ja durchaus nicht zu verachten, daher möchten wir uns für die nächste Auflage den Vorschlag erlauben, Alles, was nicht einfache Preisangabe ist, also auch die durchgeführten Kostenanschläge, in einem besonderen Anhange zu vereinigen, damit man sie im Falle des Nichtgebrauches zu Hause lassen kann.

Bei dem allseitig gediegenen Inhalte des Buches dürfen wir voraussetzen, dass dieser unser Rath recht bald wird in Erwägung gezogen werden können.

R. Z.

**Theaterbrände** und die zur Verhütung derselben erforderlichen Schutzmassregeln von Aug. Fölsch. Mit einem Verzeichniss von 523 abgebrannten Theatern und 4 Tafeln. 330 S. (Preis 8 ℳ). Hamburg, 1878. Otto Meissner. —

Feuersbrünste in Theatern sind leider ein so häufiges Vorkommniss, dass sich förmlich eine Art Fatalismus bezüglich des Eintretens derselben herausgebildet hat; man rechnet einfach jährlich so und so viel abgebrannte Theater und giebt jedem neuen Hause eine durchschnittliche Frist, innerhalb deren es mit der grössten Wahrscheinlichkeit von einem Brande heimgesucht wird. Der Grund dafür liegt in der Natur der Sache, in der Menge leicht feuerfangender Materialien und Geräthe und dem durch die Anforderungen der Ausstattung bedingten Arbeiten mit vielen offenen Flammen und Feuerwerkskörpern.

Der Verfasser hat sich nun mit grosser Sorgfalt der Mühe unterzogen, über die in den letzten Jahrzehnten stattgehabten Theaterbrände genaues und sicheres Material betreffs der Entstehung des Feuers, der Ursachen desselben, der vorhanden gewesenen Schutz- und Rettungseinrichtungen u. s. w. zu sammeln, um auf Grund desselben Vorschläge dahin machen zu können, wie in Zukunft dergleichen Unglücksfälle nach Möglichkeit verhütet oder wenigstens in ihren Folgen für Leben und Eigenthum weniger gefährlich gemacht werden können.

Das Thema des Buches ist nicht sowol von technischem wie von allgemeinem Interesse, den Rathschlägen des Verfassers kann man in fast allen Fällen nur beistimmen, und seine anziehende Darstellungsweise machen die Lectüre des Buches zu einer recht angenehmen, hoffentlich zu einer recht nutzbringenden.

R. Z.

**Meyer's Handlexikon** des allgemeinen Wissens mit technologischen und wissenschaftlichen Abbildungen und vielen Karten der Astronomie, Geographie, Geognosie, Statistik und Geschichte. Zweite Auflage, 1 Lieferung. (Preis pro Lieferung 50 Pf.) Leipzig, 1877. Bibliographisches Institut. —

Aus der uns vorliegenden ersten Lieferung lässt sich ersehen, dass der in das Werk aufgenommene Stoff eine recht bedeutende Anzahl von Fächern, Gegenständen und Ausdrücken umfasst. Die Artikel sind so kurz wie möglich gehalten, so dass das ganze Werk in 24 Lieferungen zu 6 Bogen Platz finden kann, welche, zu zwei Bänden vereinigt, allerdings das schnelle Auffinden eines Gegenstandes viel eher gestatten als die bändereichen grossen Encyklopädien, auch vielleicht Manchem, dem die letzteren zu kostspielig sind, einen willkommenen Ersatz gewähren können.

Die beigegebenen Tafeln und Karten sind den Proben nach sauber ausgeführt.

R. Z.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# ZEITSCHRIFT

DES

# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

**1879.** **Band XXIII. Heft 2.** **Februarheft.**

## Abhandlungen.

### Ueber Einrichtung und Ziele von Prüfungsanstalten für Baumaterialien und über die Classification der letzteren, insbesondere des Eisens und Stahls.

Von Professor **J. Bauschinger** in München.

(Vorgetragen in der ersten Plenarsitzung der XIX. Hauptversammlung, am 2. September 1878.)

(Hierzu Blatt 4 bis 6.)

Hochverehrte Herren! Es gereicht mir zur ganz besonderen Freude, heute über ein Thema vor Ihnen sprechen zu dürfen, von dem sich unser Verein bisher — ich weiss nicht, ob zufällig oder absichtlich — fern gehalten hat, selbst dann noch, als die beiden anderen grossen technischen Vereine, der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen und der Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine schon lebhaft in die Behandlung der Frage eingetreten waren. Nun bin ich weit davon entfernt, diese Zurückhaltung unseres Vereines einem Mangel an Interesse zuzuschreiben; es ist ja selbstverständlich einerseits, dass derjenige, welcher Materialien irgend welcher Art zum Bau von Maschinen oder Häusern verwendet, sich um die Festigkeits- und Elasticitätseigenschaften dieser Materialien bekümmern muss, um sie richtig zu benutzen, andererseits, dass diese Eigenschaften immer nur auf experimentellem Wege erforscht werden können. Es hat auch, schon von frühester Zeit an, nicht gefehlt, dass, sobald man sich der Mittel und Wege zur Anstellung solcher experimentellen Untersuchungen bewusst geworden war, diese auch angestellt worden sind. In dem Masse als man sodann in der Kenntniss jener Eigenschaften weiter vordrang, haben sich auch hinwiederum die Anforderungen an diese Kenntniss gesteigert. Man hat angefangen kühnere Bauten, d. h. solche, bei denen die Festigkeit der Materialien in besonders hohem Grade in Anspruch genommen wird, aufzuführen; man hat den ökonomischen Rücksichten mehr und mehr Gewicht beigelegt und man hat endlich, den gesteigerten Forderungen der Humanität Rechnung tragend, mehr und mehr Sorge tragen müssen für Gesundheit und Leben der bei Bauten und Maschinen beschäftigten Arbeiter.

So sind wir durch das Bedürfniss immer weiter und weiter getrieben worden, und in neuester Zeit endlich dazu gelangt, zu fordern, dass für derartige wichtige Untersuchungen eigene, nur für sie bestimmte Institute eingerichtet werden sollen. Denn bisher wurden dieselben entweder nur im kleinen Massstabe in physikalischen Laboratorien angestellt oder, wenn in grösserem Massstabe, nur zu besonderen Zwecken zeitweise unternommen, während offenbar bei den jetzigen gesteigerten Anforderungen zu einem befriedigenden Resultate nur dadurch gelangt werden kann, dass solche Arbeiten von Mehreren, von Vielen, gemeinschaftlich in die Hand genommen, gemeinschaftlich verfolgt und in eigens dafür eingerichteten Instituten, die sich gegenseitig unterstützen und fördern, durchgeführt werden.

Ich darf mit Befriedigung sagen, dass das erste Institut dieser Art das mechanisch technische Laboratorium der hiesigen (Münchener) Hochschule gewesen ist. Ich verkenne dabei nicht, dass Institute ähnlicher Art vorausgegangen sind, so in England, in London die grosse Prüfungsanstalt von Kirkaldy, dann verschiedene Einrichtungen für Festigkeitsuntersuchungen in grösseren und kleineren Etablissements Deutschlands und des Auslandes, aber alle diese Vorgänger haben immer oder wenigstens hauptsächlich nur den Zweck verfolgt, für bestimmte einzelne Individuen von Materialien die betreffenden Coefficienten zu suchen, welche für gewisse praktische Anwendungen unmittelbar erforderlich waren. Neben diesem Zwecke aber, der ja nicht ausser Acht gelassen werden soll, und neben dem Zwecke der Anstellung von wissenschaftlichen Untersuchungen, die ja zur Förderung der Praxis unerlässlich sind, haben die mechanisch-technischen Laboratorien auch noch einen anderen wichtigen Zweck zu erfüllen, nämlich denjenigen, die Studirenden der technischen Hoch- und Mittel-

schulen in derartige Untersuchungen einzuführen, sie anzuweisen, wie solche Untersuchungen angestellt werden können, und namentlich sie dahin zu bringen, dass sie den Werth der Zahlen für die Festigkeit und Elasticität der Materialien, welche sie so oft gebrauchen, besser zu beurtheilen lernen.

Nun ist freilich nicht zu verkennen, dass diese Ziele, wenn sie alle verfolgt werden sollen, Einrichtungen nothwendig machen, welche sehr kostspieliger Natur sind, und um hier das Gute nicht durch das Bessere zu versäumen, ist eben auch wieder das alte probate Mittel der Arbeitstheilung anzuwenden. Wenn es sich nur darum handelt, solche rein praktische Zwecke zu verfolgen, wie die Prüfung einzelner Individuen von Materialien, deren betreffende Coefficienten man kennen lernen will, reichen Institute mit verhältnissmässig geringen Mitteln aus, welche dann selbst noch zu Lehrzwecken innerhalb der gebotenen Grenzen benutzt werden können, während solche Institute, welche hauptsächlich auch wissenschaftlichen Zwecken zu dienen haben, allerdings viel reicher ausgestattet sein müssen. Das führt dazu, zwischen sogenannten Prüfungsanstalten und zwischen Versuchsanstalten oder mechanisch-technischen Laboratorien zu unterscheiden. Die erst genannten Anstalten sollen zunächst den Zweck haben, solche Materialien, die von Privaten und Behörden eingesandt werden, auf ihre Eigenschaften, namentlich auf Festigkeit, Zähigkeit u. s. w. zu prüfen, und das Resultat den Betreffenden in amtlichen Zeugnissen bekannt zu geben, sie sollen ausserdem selbstthätig vorgehen und sich in dem Bezirke, wo sie sich befinden, umsehen, ob nicht bisher unbenutzte Materialien für die Benutzung aufzuschliessen sind, und sie sollen endlich auch dazu dienen, um bei Ablieferung von Materialien constatiren zu können, ob die ursprünglich gestellten Lieferungsbedingungen auch wirklich erfüllt sind oder nicht, auch bei etwa vorkommenden Streitigkeiten Mittel und Wege an die Hand geben, um diese in sachgemässer Weise zu schlichten. Um dieser letzteren Aufgabe vollständig genügen zu können, um namentlich eine genügende Autorität den Gerichten gegenüber zu erhalten, ist es durchaus nothwendig, dass diese Anstalten eigentliche Staatsanstalten sind; ihr Leiter muss ein Staatsbeamter sein, dem die betreffenden Gerichte von vornherein unbedingtes Vertrauen schenken müssen, dass er seine Arbeiten mit der grössten Gewissenhaftigkeit nach allen Seiten hin durchführt und dass er das Resultat, welches sie liefern, vollkommen der Wahrheit entsprechend darstellt. Damit will ich durchaus nicht gesagt haben, dass nicht andere Leute, Private, welche solche Versuche anstellen, ebenso gewissenhaft verfahren werden oder können, aber in gerichtlichen Streitsachen ist es offenbar wünschenswerth, dass die Glaubwürdigkeit von Versuchsresultaten von vornherein feststeht. Ich will damit ferner durchaus nicht gesagt haben, dass blos Anstalten staatlicher Natur das Recht zum Leben haben sollen; ich kann mir ja recht gut denken, dass jedes grössere Etablissement sich Prüfungsmaschinen und Vorrichtungen zur Ausführung von derartigen Versuchen anschafft, um die ihnen gelieferten Materialien selbst zu prüfen oder selber producirte Materialien einer Prüfung zu unterziehen, um die Fabrikation derselben fortwährend zu überwachen. Derartige Einrichtungen bestehen ja schon mehrere, und werden solche in der nächsten Zeit hoffentlich in grösserer Menge entstehen, sobald nur unsere Industrie anfängt wieder aufzuleben, wie es gewiss nicht ausbleiben wird.

Ueber die Einrichtung solcher Prüfungsanstalten und über die Kosten derselben, habe ich mich des Näheren ausgesprochen in der Denkschrift des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, die vor einiger Zeit erschienen ist. Ich will nur kurz bemerken, dass ich mir denke, dass solche Prüfungsanstalten in grösseren Städten mit lebhafter Baulust, in industriereichen Bezirken u. dergl. gegründet werden sollen, dass die Kosten der erstmaligen Einrichtung auf etwa 12000 ℳ sich belaufen, dass als Local für dieselben zwei Zimmer ausreichen würden, die ja gewiss in jeder Stadt in Staats- oder städtischen Gebäuden gefunden werden können, und dass endlich als Leiter einer solchen Anstalt am besten ein Lehrer der am Ort bestehenden technischen Hoch- oder Mittelschule oder, wo ein solcher nicht gefunden werden kann, ein Eich- oder Münzbeamter sich eignen würde. Aus welcher von diesen Kategorien der Vorstand der Prüfungsanstalt gewählt wird, ist im Allgemeinen ganz gleichgiltig, wenn nur der Betreffende mit den nöthigen technischen Kenntnissen ausgerüstet ist, und wenn er nur Lust und Liebe zur Sache hat. Dieser letztere Punkt ist aber vor Allem zu betonen: denn wenn Sie die Mittel für Gründung und Fortführung solcher Anstalten noch so reichlich gewähren, und Sie haben nicht Jemand, der mit voller Hingebung sich an den Arbeiten betheiligt, so sind sie nutzlos aufgewendet, während anderenfalls selbst weitgehende Anforderungen mit verhältnissmässig geringen Mitteln erfüllt werden können. Was endlich die Betriebskosten für solche Prüfungsanstalten betrifft, so haben mir meine Erfahrungen gezeigt, dass dieselben recht gut durch Taxen, die für die Prüfungen zu erheben wären, gedeckt werden können, so dass das Institut, wenn es einmal gegründet ist, sich selber zu erhalten im Stande ist.

Die Versuchsanstalten, die zweite Art von derartigen Instituten, sollen hauptsächlich wissenschaftlichen Untersuchungen dienen, ihre Aufgabe wird vor Allem sein, die Dauer der Materialien und der daraus hergestellten Bauwerke zu erforschen, die Abhängigkeit dieser Dauer von der Grösse und Wirkungsweise der wirkenden Kräfte, den Einfluss der Gestalt der Constructionstheile sowie der Art und Weise ihrer Verbindung unter einander u. s. w. Das sind ja Alles Fragen von grösster Wichtigkeit, bei denen wir aber noch im allerersten Anfange stehen, trotz der grossen Fortschritte der Technik in der Neuzeit. Aus solchen Untersuchungen müssen sich alsdann die Eigenschaften ergeben, welche die Materialien für gewisse Verwendungszwecke

haben müssen, woraus sich dann wieder die Grundlagen für Lieferungsbedingungen einerseits und die Normen für die Prüfung in den Prüfungsanstalten bei der Ablieferung andererseits ableiten lassen. Die Anzahl solcher grossartiger Institute braucht nicht bedeutend zu sein. Nach meinem Dafürhalten würden zwei solcher Anstalten für Deutschland ausreichen, und wir sind glücklicher Weise auf dem besten Wege, dieselben zu erreichen: mit dem mechanisch-technischen Laboratorium der hiesigen Hochschule ist ein sehr befriedigender Anfang bereits gemacht. Es bedarf dasselbe nur noch einiger, mit verhältnissmässig geringen Kosten herzustellender Erweiterungen, um es auch den neuesten Anforderungen entsprechend für alle die Aufgaben auszurüsten, die ich vorhin genannt habe. In Berlin ist als Attribut der künftigen technischen Hochschule, für welche ein grossartiger Bau bereits begonnen ist, ebenfalls ein solches mechanisch-technisches Laboratorium geplant, und wird derselbe ja auch sicherlich zur Ausführung kommen.

Natürlich erfordert die Einrichtung solcher Institute, der Prüfungsanstalten und der Versuchslaboratorien, immerhin noch bedeutende Opfer von Seite der Staaten, und es ist daher wohl zu erwägen, ob ihr Nutzen für das Gemeinwohl auch im Einklang steht mit diesen Opfern. Dass dies der Fall sein wird, habe ich nach dem Vorausgehenden angesichts der Aufgaben, welche gestellt und gelöst werden sollen, Ihnen gegenüber nicht erst zu beweisen.

Aber man kann den Resultaten, die man von derartigen Anstalten erwartet, noch einen grösseren Wirkungskreis geben, und ihren Nutzen auch für den Laien unmittelbar greifbar machen, indem man eine, vom Staat anerkannte Classification der wichtigsten Baumaterialien aufstellt, die auf den bisher erhaltenen Versuchsresultaten basirt ist und bei der Prüfung der Materialien für unmittelbar praktische Zwecke in den Prüfungsanstalten zu Grunde gelegt wird. Eine solche Classification soll in klarer, für Jedermann verständlicher Weise Abstufungen nach den wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Arten von Baumaterialien machen. Sie soll für bestimmte Zwecke die Auswahl der geeignetsten Materialien und den passenden Qualitäten derselben erleichtern; sie soll es möglich machen, da, wo die Verhältnisse eine Auswahl zwischen verschiedenen Materialien oder zwischen verschiedenen Qualitäten desselben Materials gestatten, diese so zu treffen, dass die grösstmöglichsten ökonomischen Vortheile erreicht werden u. s. w. Es ist gewiss nicht zu verkennen, dass auf diese Weise die Erzeugnisse eines Landes ihrem richtigen Verwendungszwecke sicherer zugewiesen werden, als das bisher der Fall war. Man wird die besseren Qualitäten in ausgedehnterem Masse benutzen, und sie werden daher höhere Preise erzielen können. Anderseits wird die Herstellung geringerer Qualitäten nicht unmöglich gemacht, sondern nur auf das geeignete Mass zurückgeführt werden.

Wie Ihnen bekannt, sind solche Classificationen, oder vielmehr Entwürfe solcher Classificationen von den beiden grossen Vereinen, welche ich schon vorhin genannt habe, vom Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen und vom Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine aufgestellt worden; von jenem nur für Eisen und Stahl, von diesem auch für die übrigen Baumaterialien, wobei die Classification für Eisen und Stahl, die der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen aufgestellt hat, unmittelbar herüber genommen worden ist. Diese Classificationen haben nun bisher eine sehr lebhafte Besprechung in der Literatur gefunden; zwar nicht die für die übrigen Baumaterialien, ausser Eisen und Stahl; diese ist wol erst zu kurze Zeit bekannt; ihre Anwendung ist noch nicht von so tief einschneidenden Folgen begleitet gewesen und wird es wahrscheinlich auch nie werden; dagegen ist die Classification von Eisen und Stahl, wie sie schon vor Jahresfrist von dem Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen aufgestellt wurde, Gegenstand sehr lebhafter Besprechungen und heftiger Angriffe in der technischen Literatur geworden.

Ich glaube nicht zu irren, m. H., wenn ich annehme, dass man, als ich aufgefordert wurde, über vorliegendes Thema vor Ihnen zu sprechen, hauptsächlich beabsichtigt habe, meine Ansichten über die Sache und meine Stellung in der ganzen Frage kennen zu lernen, und ich bin gern bereit, sie Ihnen ganz offen darzulegen.

Gestatten Sie mir zunächst mit ein paar Worten die äusseren Beziehungen aus einander zu setzen, in welchen ich zur ganzen Frage stehe.

Vor ungefähr zwei Jahren wandte sich der Ihnen wohlbekannte Herr Eisenbahndirector Wöhler in Strassburg, Vorstand der für die Classification des Eisens und Stahls niedergesetzten Subcommission des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen mit der Frage an mich, ob ich geneigt wäre, die für die Aufstellung der Classification für nothwendig gehaltenen Versuche im mechanisch-technischen Laboratorium der hiesigen technischen Hochschule durchzuführen. Auf meine Bereitwilligkeitserklärung hin wurde ich alsdann zu den Sitzungen der Subcommission eingeladen und nahm an den Berathungen derselben Theil. Bei diesen Berathungen handelte es sich natürlich zunächst darum, in welcher Weise vorgegangen werden sollte, um zu einer Classification überhaupt zu kommen. Nun war keine Frage, dass als Grundlage für die Classification die, wenn auch zahlreichen doch zerstreut, bei verschiedenen Gelegenheiten und mittelst verschiedener Prüfungsmethoden erhaltenen Versuchsresultate, wie sie bis dahin vorlagen, nicht benutzt werden konnten und durften, sondern dass man eigens zu diesem Zwecke angestellte nach einer einheitlichen Methode durchgeführte Versuche zu Grunde legen müsse. Da standen nun wieder zwei Wege offen, um zu dem, für solche Versuche nothwendigen Versuchsmaterial zu gelangen: Man konnte solches Material benutzen, wie es in der Praxis vorhanden und zu verschiedenen Zwecken bereits verwendet worden war, oder man konnte die Producenten auffordern, Materialien zur

Prüfung einzuliefern, um auf Grund dieser Prüfungsergebnisse die Classification aufzustellen. Es wurde der erste Weg eingeschlagen, aus sehr nahe liegenden Gründen, und ich glaube, auch zum grossen Vortheil der Producenten; denn ich bin sicher überzeugt, dass wir von denselben nur ganz vorzügliches Material zur Prüfung erhalten haben würden und dass infolge dessen die Zahlen, welche als Grenzen für die verschiedenen Qualitätsclassen aufgestellt worden sind, sehr viel höher ausgefallen wären. Sicherlich war der geeignetere Weg der, vorerst einmal zu sehen, mit welchem Material wir es in der grossen Eisenbahnpraxis zu thun haben und welche Erfahrungen damit gemacht worden sind.

Um solches Material zu bekommen, wurden Ausschreibungen an die Eisenbahnverwaltungen des Vereines erlassen, in denen zur Einsendung passender Probestücke eingeladen wurde und es ist dieser Einladung in reichlichem Masse nachgekommen worden. Es waren in kurzer Zeit 1100 Probestücke zur Verfügung, mit denen die grundliegenden Versuche für die Classification begonnen werden konnten. Ich glaube nicht, dass gegen dieses ganze Verfahren, wie es von der Subcommission eingeschlagen worden ist, ernstliche und stichhaltige Einwendungen erhoben werden können. Es ist dies auch nirgends geschehen; im Gegentheil, als später, Ende 1877 oder Anfang 1878, auch die Producenten eingeladen wurden, Proben einzusenden, da kamen nur zwei mit zusammen 14 Probestücken dieser Einladung nach.

Dagegen ist die Art und Weise, wie die Versuche angestellt worden sind, lebhaft angegriffen worden. Zunächst hat man gesagt, es genüge, um die Materialien vollständig kennen zu lernen, nicht, nur Zugversuche zu machen, wie es bei den, für die Classification zu Grunde gelegten Versuchen geschehen ist und auch bei der Qualificirung ferner geschehen soll. Man wollte wenigstens die Versuche über Druckfestigkeit noch mit hereingezogen haben und für beide Festigkeitsarten sollten Trag-, Bruch-, Elasticitäts- und Zähigkeitsmodul bestimmt werden. Nun das ist ja richtig; und wenn es sich darum handelt, ein Material nach allen Seiten hin vollständig kennen zu lernen, so stelle ich immer die Bedingung, dass es auch nach allen Seiten hin untersucht wird. Aber solche Untersuchungen, deren ich mehrere Reihen angestellt habe, darunter zuletzt eine sehr ausgedehntere für die österreichische Staatsbahngesellschaft, betreffend die Erzeugnisse ihres Hüttenwerkes Reschitza im Banat, haben mich gelehrt, dass bei Eisen und Stahl die auf die verschiedenen Festigkeitsarten: Zug, Druck, Biegung, Torsion und Schub gerichteten Versuche so ziemlich übereinstimmende Resultate in Bezug auf Reihung und Qualificirung der verschiedenen Sorten ergaben. Wenn es sich also darum handelt, überhaupt nur eine Classification der Materialien nach den einfachsten Gesichtspunkten herzustellen und die Materialien in dieselbe einzureihen, so genügt es recht wohl, nur Zugversuche anzustellen. Es war ja weiter auch die Möglichkeit der Durchführung derartiger Versuche zu berücksichtigen. Wenn die Classification auf möglichst sicherem Fundamente aufgebaut werden sollte, so kam es darauf an, sehr viele Probestücke zu erhalten, und die Versuche an ihnen durchzuführen. Um eine so grosse Anzahl von Probestücken aber nach allen Seiten hin zu untersuchen, dazu würden Kräfte und Mittel gehört haben, welche wir nicht hoffen konnten, zu erreichen. Andererseits würden bei Aufnahme so zahlreicher und subtiler Bedingungen in die Classification die Prüfungsanstalten mit so kostspieligen Einrichtungen ausgerüstet werden müssen, dass an die Errichtung möglichst vieler derselben gar nicht mehr zu denken wäre.

Ausser der Ermittelung der Zugfestigkeit wurde auch die Zähigkeit in das Programm aufgenommen, denn gerade bei Eisen und Stahl handelt es sich häufig in erster Linie nicht blos um die Festigkeit, sondern auch um die Zähigkeit des Materials. Aber leider ist es schwer, diesem Begriff der Zähigkeit mit Zahlen näher zu treten, d. h. Versuche anzustellen, deren Resultate in Zahlen ein Mass für die Zähigkeit ergeben. Man kann nur sagen, dass die verschiedenen angewandten Versuchsmethoden von der einen oder anderen Seite dieser Eigenschaft näher treten. In der Subcommission setzte sich allgemein die Ansicht fest, dass die Querschnittsverminderung, welche nach dem Bruch eintritt, der Eigenschaft der Zähigkeit noch am nächsten komme, und wurde deshalb die Messung des Bruchquerschnittes in das Versuchsprogramm und die Querschnittsverminderung in die Classification mit aufgenommen.

Von anderer Seite wurde dagegen eingeworfen, dass die Längenausdehnung, statt der Querschnittsverminderung als Mass der Zähigkeit hätte genommen werden sollen; aber nach einiger Ueberlegung werden Sie sich leicht überzeugen, dass die Verlängerung eines Stabes beim Zug eine andere Eigenschaft des Materials deutlicher zum Ausdruck bringt, wodurch der Einfluss der Zähigkeit etwas verdeckt wird. Es kommt offenbar bei dieser Streckung bis zum Bruch hauptsächlich auf die Gleichförmigkeit des Materials an. Je gleichförmiger dasselbe ist, desto mehr streckt es sich bis endlich der Bruch eintritt, während die Einschnürung an der Bruchstelle offenbar viel mehr von der Zähigkeit abhängt. Nun ist freilich nicht zu leugnen, dass die Gleichförmigkeit eines Materials eine sehr werthvolle und sehr wesentliche Eigenschaft desselben ist. Deshalb wurde bei den späteren Versuchen, etwa bei drei Viertheilen aller der, mit jenen 1100 Probestücken angestellten, neben der Querschnittsverminderung auch noch diese Verlängerung auf eine gewisse ursprüngliche Länge ($25^{cm}$) gemessen. Man hoffte dabei auch, einen Zusammenhang zwischen den beiden so gefundenen Zahlen entdecken zu können. Aber diese Hoffnung hat sich nicht bestätigt, aus leicht begreiflichen Gründen, weil eben diese beiden Eigenschaften, die Zähigkeit und Gleichförmigkeit, von vornherein gar nichts miteinander zu thun haben.

Ein anderer, der erheblichste Einwurf, der gegen

die grundlegenden Probeversuche sowol als auch gegen die zur Qualification eines Materials anzustellenden, erhoben worden ist, ist der, dass die Probestücke in vielen Fällen aus grösseren Betriebsstücken, Achsen, Radreifen, Schienen herausgenommen und einzeln in ihren verhältnissmässig kleinen Querschnitten geprüft wurden und werden statt des ganzen Betriebsstückes. Ich muss gestehen, dass dies unter allen Entgegnungen, die gemacht worden sind, allerdings die gewichtigste und berechtigste ist. Es kann sein, dass ein solcher Versuchsstab, der aus einem Radreif oder einer Achse herausgeschnitten worden ist, und dessen Durchmesser ja nur etwa 25 mm beträgt, dessen Querschnitt also immerhin ein verhältnissmässig kleines Stück des Querschnittes des Betriebsstücks bildet, gerade an der Stelle genommen wurde, wo ein Fehler sich befindet, der im ganzen Stücke wenig schadet, der aber die Festigkeit und Zähigkeit des Probestücks sehr beeinträchtigt. Nun werden aber von vornherein aus jedem grösseren Betriebsstück zwei Probestäbe herausgeschnitten. Wenn von diesen zwei Versuchsstücken jedes einen Fehler zeigt, der seine Zähigkeit und Festigkeit wesentlich beeinflusst, und wenn ein drittes und viertes Probestück, die man sich dann ja noch aus demselben Betriebsstück verschaffen kann, auch wieder solche Fehler haben, so kann ich doch daraus schliessen, dass das betreffende Betriebsstück sehr voller Fehler sein muss, und werde Grund genug haben, es zu verwerfen. Ich verkenne darum nicht, dass, wenn die Versuche an ganzen Betriebsstücken angestellt werden könnten und an allen denjenigen, die in Verwendung kommen sollen, dieses Verfahren weitaus vorzuziehen, dass es das Ideal einer Prüfung wäre. Wir wollen darnach streben, dieses Ideal zu erreichen, aber wir sind noch weit davon entfernt; und es lässt sich nicht einmal annähernd voraussagen, wie und wann wir es erreichen werden. Bevor wir so weit sind, müssen wir uns eben mit dem jetzt erreichbaren Besten begnügen, und das ist die Methode, wie wir sie angewendet haben. Ich sage dies mit vollem Nachdruck auch gegenüber den sog. praktischen Proben, welche bisher bei der Uebernahme von Lieferungen üblich waren und von mehreren Gegnern unseres Entwurfs der Classification befürwortet werden. Diese Proben bestehen in Biegungsversuchen bei Axen und Schienen, die aber in verhältnissmässig seltenen Fällen mit ruhender Druckbelastung angestellt werden, am häufigsten werden bei obigen Betriebsstücken und namentlich bei Bandagen sog. Schlagproben angewendet. Nun, m. H., mit diesen Schlagproben hat es aber eine ganz betrübliche Bewandtniss. Es ist mir geradezu unbegreiflich, wie es noch Lieferungsbedingungen geben kann (und sie sind noch täglich zu lesen), in denen einfach gesagt ist, die Achse oder Bandage habe so und so viel Schläge mit einem so und so schweren Fallhammer auszuhalten und sich höchstens so und so weit durchzubiegen u. s. w.; aber kein Wort davon, auf was die Achse oder Bandage dabei aufzuruhen oder aufzustehen habe, und doch kommt darauf Alles an. Ich kann ja dieselbe Achse mit einem und demselben Fallhammer, der von derselben Höhe herabfällt, mit einem Schlage zertrümmern, während sie unter andern Umständen, auf elastischen Unterlagen liegend, hunderte von solchen Schlägen aushält, ohne zu brechen. Wenn so grosse Unterschiede bei einer Versuchsmethode möglich sind, so ist sie zu verwerfen. Ein Beispiel aus der Praxis wird dieses Urteil bestätigen: Es handelte sich um die Prüfung von Bandagen mittelst Schlagproben. Diese Prüfungen wurden wie gewöhnlich auf dem Werke selbst vorgenommen, das die Bandagen erzeugt hatte und mit dessen Lieferungen man bisher ausserordentlich zufrieden war. Die Probe beginnt: Die erste Bandage springt auf dem ersten Schlag, die zweite ebenso, die dritte auch. Alles staunt, man begreift nicht, dass das Material auf einmal so schlecht geworden sein solle. Endlich wird auf Veranlassung desjenigen, der die Lieferung zu übernehmen hat, der Boden, auf dem die Bandagen bei der Probe standen, näher untersucht, aufgegraben, und siehe, es fand sich unter der Oberfläche ein Stück einer früher gesprungenen Bandage, auf welches nun die übrigen zu stehen gekommen waren. Nachdem dasselbe beseitigt und der Boden wieder elastisch gemacht worden war, hielten die folgenden Bandagen die Probe vollständig aus.

Nachdem ich bisher die Einwürfe besprochen habe, welche im Allgemeinen gegen die Versuchs*methode* gemacht wurden, die bei der Classification zu Grunde gelegt worden ist, gestatten Sie mir wohl noch ein paar Worte, um auf diejenigen speciellen Einwendungen zurückzukommen, welche gegen die Münchener, also gegen meine Versuche vorgebracht worden sind. Ich werde mich dabei sehr kurz fassen, aber glaube dies hereinziehen zu dürfen, weil die Sache doch von Wichtigkeit ist und weil einige Punkte zur Sprache kommen werden, die eine Aufklärung erheischen.

Der österreichische Verein der Montan- und Eisen-Industriellen sagt in seinem Gutachten an das k. k. Ackerbauministerium an einer Stelle:

„Auch die einseitige Art der Probe-Vornahme gewährleistet keineswegs ein annähernd richtiges Ergebniss. Die Denkschrift (nämlich des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen) behauptet, dass die Proben von einzelnen Werken zeigen, dass diesen die Herstellung eines gleichartigen Materials gelungen ist, anderen nicht. Auch dies kann auf Irrthum beruhen, je nachdem vielleicht die untersuchten Proben bei einzelnen Werken aus *einer* Fabrikationszeit, aus *einer* Lieferung oder sogar aus *einer* Charge stammen, bei anderen aus verschiedenen Chargen oder Perioden herrühren.

Nur so dürfte es zu erklären sein, dass die Denkschrift Grenzwerthe aufstellt, welche bei den *in Leoben mit den anerkannt ausgezeichneten Materialien unserer Alpenländer gemachten Versuchen nicht erreicht worden sind.*

Da aber Deutschland, welches auf den Bezug seiner Rohmaterialien für die Stahlfabrikation vielfach aufs Ausland angewiesen ist, schwerlich ein gleichmässig

zuverlässigeres Material verarbeitet, und da der Umstand, dass die deutschen Bessemerhütten ihre Betriebsleiter meist aus dem in dieser Beziehung vorangegangenen Oesterreich bezogen haben, auch nicht annehmen lässt, dass die Darstellung dieser Fabrikate dort rationeller betrieben wird, so dürfte aus der Differenz der Leobener gegen die Münchener Versuche kaum zu schliessen sein, dass die Proben die erforderliche Zuverlässigkeit besitzen."

M. H. Ich finde die zwingende Logik in diesem letzteren Schlusse nicht heraus: Man könnte gewiss mit demselben Recht auch so schliessen: „Weil Deutschland, welches auf den Bezug seiner Rohmaterialien für die Stahlfabrikation vielfach aufs Ausland angewiesen ist, schwerlich ein gleichmässig zuverlässigeres Material verarbeitet (und daher gezwungen ist, bei dieser Fabrikation die äusserste Sorgfalt anzuwenden) und weil die deutschen Bessemerhütten ihre Betriebsleiter meist aus dem in dieser Beziehung vorangegangenen Oesterreich bezogen haben (und daher von vornherein mit einem Schatz von Erfahrungen beginnen konnten), deshalb sei es nicht zu verwundern, dass das deutsche Fabrikat vielfach das österreichische übertrifft." Aber wie dem auch sei, jedenfalls können doch so allgemeine Beziehungen nicht benutzt werden, um die Zuverlässigkeit von Versuchsresultaten gegen einander abzuwägen! Der erste Absatz des obigen Citats erledigt sich von selbst durch Einsichtnahme der Tabellen, in welchen meine Versuche niedergelegt sind, und in denen neben dem Fabrikanten immer auch die Bahn angegeben ist, an welche geliefert wurde, sowie das Lieferungsjahr.

Ein anderer davon ganz verschiedener Fall ist der folgende. Von einem grossen Hüttenwerke wurden mir ein paar Probestücke eingesendet, welche keine weitere Bezeichnung trugen als A uud B und über welche auch gar nichts weiter angegeben war. Ich sollte sie nach der für Classification massgebenden Methode untersuchen und die Versuchsresultate einschicken. Das habe ich gethan. Die Resultate, welche ich gefunden habe, sind in Kilogramm pro Quadratcentimeter folgende:

| | Stab A | Stab B |
|---|---|---|
| Elasticitäts-Modul . . . | 2112000 | 2186000 |
| Elasticitäts-Grenze . . . | 2860 | 1830 |
| Zugfestigkeit . . . . . | 5830 | 5600 |
| Contraction des Querschn. | 21 pCt. | 7 pCt. |
| Dehnung auf $25^{cm}$ . . . | 15,7 pCt. | 6,4 pCt. |

Der Bruch des Stabes A ist feinkörnig, mit Gussfehler und ist dessen äussere Oberfläche in mehreren Reihen aufgerissen; der des Stabes B ist gröber als der vorige und hat eine kleine poröse Fehlerstelle am Rande, der Stab ist äusserlich nicht aufgerissen.

Vor kurzem las ich nun in einer Zeitschrift, in den „Annalen für Gewerbe und Bauwesen", dass gerade diese zwei Versuche angeführt werden, um die Unzuverlässigkeit der Versuchsmethode überhaupt darzuthun. Es wurde nämlich eröffnet, dass beide Versuchsstäbe aus dem Kopf einer und derselben Schiene geschnitten seien, die sich während ihrer 14jährigen Verwenduug sehr gut bewährt habe.

Nun, m. H., gebe ich zu, dass das auf den ersten Blick sehr sonderbar erscheint; aber dass es für die Unzuverlässigkeit der Versuchsmethode beweisend sei, kann ich nicht zugeben. Denn ich gestehe, wenn ich bei zwei wirklich gleichen Stäben beabsichtigte, so verschiedene Resultate zu bekommen, ich wüsste gar nicht, wie ich das anfangen sollte. Wenn also die Versuchsmethode sehr verschiedene Resultate liefert, so kommt das davon her, dass das Material ungleichförmig war. Die beiden Stäbe stehen hier und Sie werden sich, wenn Sie dieselben näher ansehen wollen, überzeugen, dass das Resultat der Prüfung nothwendig so verschieden ausfallen musste, wie es ausgefallen ist.*)

Inmitten solcher Aufechtungen wurde die ganze lange Reihe der Versuche, welche der Classification zu Grunde gelegt werden sollen, consequent durchgeführt. Vor wenigen Wochen bin ich damit fertig geworden. Es hat sich mir dann das Bedürfniss aufgedrängt, einige Uebersicht über die Masse der Resultate zu bekommen. Ich habe sie mir in folgender Weise zu verschaffen gesucht. Auf einer Zeichnungstafel wurde in der Richtung der Abscissenaxe die Zugfestigkeit jedes Probestückes und senkrecht darauf als Ordinate die für die Zähigkeit massgebende Zahl, die Querschnittsverminderung in Procenten, aufgetragen. Bei gleichartigem Material müssten natürlich die Punkte, welche durch die beiden Coordinaten bestimmt werden, sehr nahe zusammenfallen und umgekehrt, je weiter sich diese Punkte in der Zeichnungstafel zerstreuen, desto weiter gehen die Resultate aus einander, desto weniger gleichförmig ist das Material. Die anliegenden sechs Darstellungen auf Blatt 4 bis 6 enthalten diese Aufzeichnungen für verschiedene Materialgattungen und Verwendungszwecke.**) Wir sehen daraus, dass die Punkte, deren jeder einzelne das Versuchsresultat für ein Probestück darstellt, über die Zeichnungsebenen ausserordentlich zerstreut sind, selbst auf den Diagrammen No. I bis III, welche die Resultate für Materialien darstellen, die zu gleichen Zwecken verwendet wurden.

Die erste Folgerung daher, die ich aus diesen Darstellungen ziehen möchte, ist die, dass es angesichts dieser

*) Es sei mir gestattet, hier noch eine Bemerkung einzuschalten, die ich beim Vortrage selbst übergangen hatte. Hr. Dr. Röhrig bespricht in seinem Buche: „Uebernahme und Lieferung von Eisenbahn-Materialien" auf S. 64 die erste Serie meiner Versuche und meint: „Eine nähere Prüfung der Resultate und Materialbeurteilung lässt jedoch vermuthen, dass in die betreffenden Mittheilungen mannigfache Redactionsversehen sich eingeschlichen haben." Er übersieht dabei, dass jene Materialbeurteilung, die der Rubrik meiner Tabellen: „Kurze Bemerkungen über die bisher mit dem Material gemachten Erfahrungen" entnommen ist, von den Einsendern herrührt, also aus der Praxis lange vor Anstellung des Versuches geschöpft ist. Und dass solche Urteile nicht immer zuverlässig sind, am wenigsten bei Bandagen, das weiss ja wol jeder Sachverständige.

**) Zwei dieser Darstellungen, No. I und IV, waren im grösseren Massstabe als Wandtafeln gezeichnet und in dem Saale, wo der Vortrag gehalten wurde, aufgehängt.

Resultate auf der Hand liegt, dass eine Classification der betreffenden Materialien nothwendig ist. Wenn es möglich war, dass bei dem bisherigen Uebernahmsverfahren für ähnliche oder gleiche Zwecke Materialien von solcher Verschiedenheit erhalten werden konnten, so liegt doch nichts näher, als bestimmte Grenzen für die Qualitäten festzusetzen und zuzusehen, ob sich nicht auf diesem Wege erreichen liesse, gleichartiges Material für dieselben Verwendungszwecke zu bekommen. Es sprechen diese Tafeln zunächst also für die Nothwendigkeit und Zweckmässigkeit einer Classification, die ja auch von vielen Seiten bestritten worden ist, hauptsächlich von Seiten der Producenten. Dies letztere ist nun allerdings erklärlich. Die Producenten suchen ihr Fabrikat so gut und so billig herzustellen als es nur möglich ist. Aber für die Consumenten ist das Bedürfniss, eine richtige Auswahl treffen zu können, um so dringender.

Erlauben Sie mir, einige von den Gründen, die gegen die Classification überhaupt aufgebracht worden sind, hier noch zu besprechen. Der eine war der, dass absolute Grenzen für die Qualitäten nicht festzustellen seien. Dies fällt aber auch Niemandem ein. Die Zahlen der Classification sind Minimalzahlen, die nur nicht unterschritten werden sollen; und selbst bei diesen wird in der Praxis immer noch ein gewisser Spielraum gelassen werden können, wenn z. B. einmal die Festigkeit etwas grösser, dagegen die Zähigkeit etwas kleiner ist und umgekehrt. Aber eine Classification ohne alle Grenzen ist doch auch nicht denkbar.

Es ist weiter gesagt worden, namentlich wieder von Seiten der Producenten, dass eine solche Classification zu gefährlichen Schlussfolgerungen führen könne. Es sei zu befürchten, dass hierdurch diejenigen Hüttenwerke, die gutes Material liefern, das den Bedingungen entspricht, das Monopol erhalten würden und die anderen, die den Bedingungen nicht nachkommen könnten, trocken gelegt würden. Ja, m. H., ob darin ein sehr grosser Nachtheil für die Industrie im Ganzen und für das Allgemeinwohl zu suchen ist, das möchte ich doch dahingestellt sein lassen.

Ferner ist gesagt worden, dass eine zweite Qualität überhaupt nicht zulässig sei, wir müssten Alle erste Qualitäten zu liefern suchen, und wenn zweite vorkämen, so seien das eben misslungene erste Qualitäten. Das ist nicht richtig. Es können von gewissen Hütten eben nur zweite Qualitäten gemacht werden, wie sie den Verhältnissen und den Rohproducten entsprechen, mit welchen sie es zu thun haben. Wenn dann der Consument weiss, er erhält dort sicher solche Qualitäten und die Berechnung seiner Dimensionen darauf basirt hat, so kann er sie immerhin anwenden, und so bringen also II. Qualitäten weder Producenten noch Consumenten Schaden.

Man hat weiter vorgebracht, dass die Eintheilung bei der Classification nicht nach den Eigenschaften der Materialien, sondern nach den Verwendungszwecken gemacht werden sollte. Bisher wurden die Bestellungen hauptsächlich nach letzteren gemacht und dies wird ja auch ferner geschehen, nur wird man noch hinzufügen, dass man Achsen oder Bandagen u. s. w. von der und der Festigkeit und Zähigkeit verlange, und dabei wird der eine Besteller weiter, der andere weniger weit gehen. Aber wie weit man in der Erreichung einer gleichmässigen Qualität mit dem bisherigen Verfahren gekommen ist, das zeigt ja ein Blick auf die Diagramme I bis III, die nur Material für gleichen Zweck enthalten.

Weiter wurde geltend gemacht, dass die bisherigen Proben vollständig genügten, um Lieferungsbedingungen festzustellen und selbst eine Classification darauf durchzuführen. Nun habe ich diese bisherigen Proben vorhin schon beleuchtet und werde hier nur noch einige wenige Worte hinzufügen. Es ist bisher wohl selten Material übernommen worden, ohne dass es geprüft und, wie ganz natürlich, für gut befunden worden ist. Wenn es nun möglich war, dass trotz dieser Prüfung solche Ungleichförmigkeiten des Materials zugelassen wurden, wie hier auf unseren Tafeln sich kundgiebt, dann muss man doch irre werden an der Methode und muss suchen, sie durch eine bessere zu ersetzen. Ob es gelingt, ist die andere Frage; aber jedenfalls ist die Aufgabe nicht so ganz aussichtslos zu nennen gegenüber den Resultaten, die bisher erreicht worden sind.

Man hat ferner gesagt, wenn ja eine Classification aufgestellt worden, so sollte man bei Kundgebung der Resultate doch auch die Zahlen angeben, die bei den Prüfungen erhalten worden sind, nicht blos die Qualificationsclassen. Soweit ich bisher an der Arbeit betheiligt gewesen bin, habe ich dies immer gethan und werde es auch in Zukunft thun. Wenn man aber neben jenen Versuchsresultaten zugleich angeben kann, das betreffende Material reihe sich in die und die Qualitätsclasse ein, so ist damit dem betreffenden Consumenten noch viel mehr gedient; er weiss damit, dass er möglicherweise anderes besseres Material erhalten kann; oder umgekehrt, wenn er mit geringerem Material auskommen muss, so kann er seine Constructionen und seine Kostenvoranschläge darnach richten. Jedenfalls ist, wie schon einmal gesagt, die Classification, wenn sie in richtiger Weise aufgestellt wird, ein Mittel, um auch den Laien in Stand zu setzen, das Material, mit dem er es zu thun hat, sicherer beurteilen zu können als bisher.

Was endlich die Zahlen betrifft, welche die einzelnen Classen in der Classification begrenzen, so war vorauszusehen, dass die Höhe derselben bedeutende Anfechtungen erfahren würde. Nun war bei der Aufstellung des ersten Classifications-Entwurfs, wie ich offen gestehen muss, das Material noch nicht ganz durchgearbeitet. Von 1100 Stücken waren erst 250 geprüft, etwa der vierte Theil. Es wurde aber auch niemals gesagt, dass die aufgestellten Zahlen unwandelbar festzuhalten, sondern nur, dass sie als erster Entwurf anzusehen seien. Nach Vollendung aller Versuche und nachdem ich die Resultate mit Hilfe der beiliegenden Diagramme übersehen konnte, war ich eigentlich erstaunt,

dass jene Grenzzahlen nicht höher ausgefallen sind, mit anderen Worten, ich war erstaunt über die verhältnissmässig grosse Anzahl von Punkten, welche innerhalb der ersten, zweiten u. s. w. Classe zu finden sind. Diese Abgrenzung der Classen kann nämlich auf den Tafeln sehr einfach gemacht werden. Man hat nur für jede Classe zwei Linien zu zeichnen, eine parallel der Abscissenaxe, die zweite parallel der Ordinatenaxe in den Entfernungen, wie sie den Minimalzahlen der Festigkeit und Zähigkeit entsprechen. In den Winkelraum zwischen beide fallen die Versuchsstücke, welche der betreffenden Classe angehören. So liess sich auf jeder Tafel leicht abzählen, wie viel Punkte überhaupt in die Grenzen der Classification fielen und wie viel ganz davon ausgeschlossen sind. Von jenen liessen sich dann leicht die abscheiden, die in die erste, zweite u. s. w. Classe kamen, und wo noch Unterschiede innerhalb der Classen gemacht sind, bezüglich einer grösseren oder geringeren Härte, da konnten dann wieder die in die Classe fallenden Punkte hiernach gesichtet werden. Die Resultate dieser Zählungen sind in nachstehender Zusammenstellung enthalten, und wurde dabei der im Wesentlichen unverändert gebliebene Entwurf der Classification zu Grunde gelegt, wie er in den Denkschriften des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen und des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine enthalten ist. Nur bei den Kesselblechen (Diagramm V und VI) wurde auf der unteren Hälfte dieser Blätter auch der neueste Vorschlag der Technischen Commission des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen mit berücksichtigt, der in der Sitzung dieser Commission im Juli l. J. in Stuttgart gemacht worden ist und die Längendehnung mit heranzieht.

### Diagramm I. Flussstahl-Achsen.

- 130 Stück untersucht
  - 86 Stck. = 66 pCt. qualificirt
    - 66 Stck. = 77 pCt. I. Qualität
      - 36 Stck. = 56 pCt. weich
      - 21 Stck. = 32 pCt. mittel
      - 8 Stck. = 12 pCt. hart
    - 20 Stck. = 23 pCt. II. Qualität
      - 13 Stck. = 65 pCt. weich
      - 7 Stck. = 35 pCt. hart
  - 44 Stck. = 34 pCt. nicht qualificirt

### Diagramm II. Flussstahl-Radreifen.

- 170 Stück untersucht
  - 88 Stck. = 52 pCt. qualificirt
    - 75 Stck. = 85 pCt. I. Qualität
      - 32 Stck. = 42 pCt. weich
      - 27 Stck. = 36 pCt. mittel
      - 16 Stck. = 22 pCt. hart
    - 13 Stck. = 15 pCt. II. Qualität
      - 7 Stck. = 54 pCt. weich
      - 6 Stck. = 46 pCt. hart
  - 82 Stck. = 48 pCt. nicht qualificirt

### Diagramm III. Flussstahl-Schienen.

- 142 Stück untersucht
  - 77 Stck. = 54 pCt. qualificirt
    - 48 Stck. = 62 pCt. I. Qualität
      - 20 Stck. = 42 pCt. weich
      - 23 Stck. = 52 pCt. mittel
      - 3 Stck. = 6 pCt. hart
    - 29 Stck. = 38 pCt. II. Qualität
      - 12 Stck. = 41 pCt. weich
      - 17 Stck. = 59 pCt. hart
  - 65 Stck. = 46 pCt. nicht qualificirt

### Diagramm IV. Schweisseisen (Stabeisen).

- 336 Stück untersucht
  - 170 Stück = 51 pCt. qualificirt
    - 41 Stück = 24 pCt. I. Qualität
    - 129 Stück = 76 pCt. II. Qualität
  - 166 Stück = 49 pCt. nicht qualificirt

### Diagramm V. Schweisseisen (Kesselblech quer).

- 87 Stück untersucht
  - 49 Stück = 56 pCt. qualificirt
    - 14 Stück = 28 pCt. I. Qualität
    - 35 Stück = 72 pCt. II. Qualität
  - 38 Stück = 44 pCt. nicht qualificirt

### Diagramm VI. Schweisseisen (Kesselblech längs).

- 82 Stück untersucht
  - 54 Stück = 66 pCt. qualificirt
    - 30 Stück = 55 pCt. I. Qualität
    - 24 Stück = 45 pCt. II. Qualität
  - 28 Stück = 34 pCt. nicht qualificirt

Wie Sie aus diesen Zahlen ersehen, ist das Gesammtresultat durchaus kein ungünstiges. Am wenigsten befriedigt es bei den Kesselblechen und beim Stabeisen. Dies rührt meines Erachtens daher, dass bisher von den Fabrikanten und Consumenten auf die Zähigkeit ein zu geringes Gewicht gelegt wurde. Ich bin der Meinung, m. H., dass wir in vielen Fällen vielmehr auf die Zähigkeit des Materials als auf die Festigkeit desselben halten und dass wir uns in Deutschland (in Oesterreich ist man schon seit einiger Zeit auf diesem Wege) bestreben müssen, in Zukunft zäheres Material namentlich für Kesselblech zu nehmen, wenn auch die Festigkeit dabei etwas geringer werden sollte.

Auch bei den Zahlen der Diagramme I bis III wird man zugeben müssen, dass die Classification keine so ungeheuren Anforderungen stellt, als es auf den ersten Anblick scheinen könnte, zumal wenn man bedenkt, dass sehr viele der dort qualificirten Achsen, Radreifen und Schienen im Betrieb sich wirklich nicht bewährt haben, gesprungen oder gebrochen sind.

Aus den bisher besprochenen Tafeln lassen sich nach anderen Seiten noch einige weitere sehr interessante Schlüsse ziehen. Zunächst der folgende aus dem Diagramm IV für Schweisseisen und zwar Stabeisen.

Die Probestücke aus diesem Material hatten theils runde, theils viereckige und zwar quadratische oder rechteckige Querschnitte (Rundstäbe — Lamellen). Bei der Discussion der Classification ist auch die Frage aufgeworfen worden, ob nicht die Querschnittsform etwa bedeutenden Einfluss auf die Prüfungsresultate habe. In jener Tafel habe ich die Querschnittsformen dadurch unterschieden, dass ich die betreffenden Punkte rund machte für runden Querschnitt und viereckig für eckigen Querschnitt. Sie werden bemerken, dass runde und viereckige Punkte bunt durcheinander liegen und daraus schliessen, dass es im Grossen und Ganzen für praktische Zwecke sicher gleichgiltig ist, welche Querschnittsform man den Versuchsstücken giebt.

Zu demselben Resultat bin ich auch in neuester Zeit bei Durchführung einer grossen Versuchsreihe gekommen, für welche die Versuchsstücke, die aus Martinstahl in 6, aus Bessemerstahl in 5 Härtegraden, dann aus Feinkorn- und sehnigem Eisen bestanden, consequent in beiden Querschnittsformen, der runden und viereckigen, hergestellt waren und zwar für Prüfung auf Zug, Druck, Biegung und Torsion.*) Bei den ersten drei Festigkeitsarten liess sich ein entscheidender Einfluss der Querschnittsform nicht constatiren; wenn vorhanden, so wird er verdeckt durch die zufälligen Unregelmässigkeiten des Materials. Anders ist dies bei der Torsion, wenn die Resultate nach den gewöhnlichen Formeln berechnet werden. Hier ergab sich der Elasticitätsmodul für runde Wellen entschieden und consequent grösser als der bei viereckigen; ersterer zu 900000 und höher, letzterer zu rund 800000$^k$ pro Quadratcentimeter. Dagegen ist die Torsionsfestigkeit der runden Wellen entschieden kleiner als die der viereckigen, während sich die Elasticitätsgrenze bei beiden wieder ziemlich gleich gross herausstellt.

*) S. Essais de résistance des fontes, fers et aciers de l'usine de Reschitza, faits au laboratoire de l'école polyt. de Munich par Prof. Bauschinger. Vienne, 1878, édité par la Soc. autr. des chemins de fer de l'état.

In Diagramm IV für Schweisseisen sind auch einige Resultate für Feinkorneisen enthalten, welche durch Ringe, runde und viereckige, repräsentirt und dadurch vor den übrigen ausgezeichnet wurden. Wie ersichtlich, treffen die höchsten Werthe für Festigkeit und Zähigkeit allerdings auf das Feinkorneisen; aber die gewöhnlichen Mittelzahlen sind bunt zerstreut unter den mit Vollpunkten dargestellten, so dass angenommen werden darf, dass im grossen Verkehr das Feinkorneisen keine besseren Resultate liefert als gewöhnliches Walzeisen. Aehnlich verhält es sich mit dem Schmiedeeisen. Auch in Bezug auf Tiegelgussstahl gegenüber dem Bessemerstahl lassen die Diagramme I bis III eine ganz ähnliche Schlussfolgerung zu. Die höchsten Ziffern, namentlich für die Festigkeit, treffen allerdings wieder auf Tiegelgussstahl. Im Uebrigen aber liegen Vollpunkte und Ringe auch auf diesen Tafeln wieder zerstreut durch einander und zeigen dadurch, dass im Grossen und Ganzen mit Bessemerstahl dieselben Qualitäten erzielt werden wie mit Tiegelgussstahl.

M. H. Ich bin damit zum Schluss gekommen. Der Zweck meines Vortrages war der, eine ruhige und objective Betrachtung über die ganze Frage der Classification, die in jüngster Zeit so viel Staub aufgewirbelt hat, zu veranstalten. Wenn es mir gelungen sein sollte, Sie zu überzeugen, dass von der Seite, von der die Anregung der Frage ausging, mit Ueberlegung vorgegangen worden ist, und dass die Gründe, die bei diesem Vorgehen massgebend waren, Beachtung verdienen, und wenn Sie dann auf Grund dieser Ueberzeugung selber die Sache ruhig überlegen, so ist damit der Hauptzweck meines Vortrages erreicht. Denn nur durch objective Behandlung der Sache und ruhige Ueberlegung kommen wir zu einem Ziel, während leidenschaftliche Erörterungen immer nur rückwärts, nie zum Fortschritt führen, den wir alle wünschen.

# Der neue Sicherheits-Röhrenkessel Patent J. G. Schmidt.

Von **B. Meyer**, Ingenieur, Director des Röhrenwalzwerkes, der Eisengiesserei und Kesselfabrik von S. Huldschinsky & Söhne.

(Vorgetragen in der Versammlung des Oberschlesischen Bezirksvereines vom 18. Februar 1878.)

(Hierzu Tafel I.)

Die heutige wirthschaftliche Lage legt wol mehr denn je einem jeden Industriellen die Nothwendigkeit auf, in allen Theilen seiner Fabrikation die möglichst grösste Sparsamkeit ein- und durchzuführen und weiter durch zuverlässige Einrichtungen den Betrieb zu sichern und dadurch die kostspieligen, durch Reparaturen hervorgerufenen Störungen zu vermeiden.

Als ersten Factor jeder gewerblichen Anlage darf man mit Recht den Dampfkessel hinstellen, und dürfte daher wol die speciellere Beschreibung eines neuen Kesselsystems, welches, wie ich weiter nachweisen werde, wesentliche Vorzüge vor den bisher bekannten Constructionen bietet, gewiss von allgemeinem sachlichen Interesse sein.

Der in Rede stehende Kessel ist der Hrn. J. G. Schmidt in Berlin patentirte Sicherheitskessel und gehört, wie schon aus seiner Bezeichnung erhellt, zu der grossen Gruppe der Sicherheitskessel, welche bereits in den verschiedensten Formen, Patente von Belleville, Root u. A., sich namentlich in Amerika einer ausserordentlich ausgebreiteten Anwendung erfreuen und seit Jahren auch bei uns sich immer allgemeiner ein-

führen. Es ist wol unnütz, an dieser Stelle ausführlicher den ungeheuren ökonomischen Vortheil, welcher hauptsächlich durch die mit denselben erzeugte hohe Spannung erzielt wird, und die Betriebssicherheit dieser Kessel gegen Explosionen, in ihrer Construction begründet, aus einander zu setzen; es genügen dazu wenige Zahlen.

Um den ersten Punkt der Behauptung nachzuweisen, seien zwei Kessel von 5 und 10 Atm. absoluter Spannuug verglichen.

Wird in den zugehörigen Maschinen die Admissionsspannung mit 0,7 der Kesselspannung, also mit 3,5 bezw. 7 Atm. angenommen, so stellt sich der günstigste Füllungsgrad für eine Maschine ohne Condensation und mit Expansion auf etwa 0,4 bezw. 0,25 Füllung und wird der uutzbare Druck

$$p_n = f \, . \, p - 1{,}2 - 0{,}05\, p$$

sein. Es bezeichnet hier $p$ die absolute mittlere Spannung während der Volldruckperiode und ist für

$$0{,}4 \text{ Füllung } f = 0{,}678$$
$$0{,}25 \quad " \quad f = 0{,}507,$$

mithin

$$\text{für 1)} \; p_n = 0{,}678 \, . \, 3{,}5 - 1{,}2 - 0{,}05 \, . \, 3{,}5 = 0{,}998 \backsim 1{,}000$$
$$" \; 2) \; p_n = 0{,}507 \, . \, 7 - 1{,}2 - 0{,}05 \, . \, 7 = 1{,}999 \backsim 2{,}000.$$

Es wird also bei derselben Grösse der Maschine in unserem Falle, der günstigste Füllungsgrad in beiden Fällen vorausgesetzt, die doppelte Leistung erzielt werden. Der Consum an Dampf für gleiche Leistung stellt sich wie folgt:

Wird angenommen, dass die schädlichen Räume $^1/_{20}$ des Kolbenweges betragen, so werden verbraucht

$$\text{für 1)} \; Q = 0{,}4 + 0{,}05 = 0{,}45^{cbm}$$
$$" \; 2) \; Q = 0{,}25 + 0{,}05 = 0{,}30^{cbm}$$

Dampf, wenn der Kolben in beiden Fällen $1^{cbm}$ Raum zurückgelegt, und da die specifischen Gewichte 1,974 bezw. 3,780 betragen, verhalten sich unter Berücksichtigung der oben nachgewiesenen doppelten Leistung der Consum an Dampf in Kilogramm

$$\text{für 1)} \; 0{,}45 \, . \, 1{,}974 = 0{,}8883$$
$$" \; 2) \; 0{,}30 \, . \, 3{,}780 \, . \, ^1/_2 = 0{,}5670.$$

Wird nun ferner berücksichtigt, dass bei 1) $652{,}92^c$, bei 2) $661{,}49^c$ zur Erzeugung von $1^k$ Dampf erforderlich sind, so steht der Aufwand an Wärmeeinheiten im Verhältniss

$$\text{von } 0{,}8883 \, . \, 652{,}92 : 0{,}5670 \, . \, 661{,}49$$
$$\text{oder } 580 : 375$$
$$" \; 154{,}7 : 100$$
$$" \; 100 : 64{,}7$$

d. h. bei Berücksichtigung ganz derselben Maschine mit gleichbleibender Kolbengeschwindigkeit wird bei Annahme des für jeden Fall günstigsten Füllungsgrades

1) die Maschine bei 10 Atm. absoluter Kesselspannung das Doppelte leisten wie bei einer Kesselspannuug von 5 Atm. und hierbei

2) pro Pferd 35,3 pCt. weniger Brennmaterial benöthigen als bei der geringen Spannung.

3) Bei derselben Leistung kann die Maschine halb so gross sein, und wird also ausser der laufenden Kohlenersparniss von 35,3 pCt. eine wesentliche Ersparniss in der Anlage und damit an Zinsen und Amortisation erzielt.

Was nun die ausserordentliche Betriebssicherheit der Röhrenkessel im Vergleich zu den gewöhnlichen Kesselsystemen anbelangt, so berechnet sich dieselbe wie folgt:

Unter der Annahme, dass die absolute Festigkeit in den Wandungen der patentgeschweissten Rohre nur ebenso gross sei wie in den bei gewöhnlichen Kesseln verwendeten starken Blechen, und dieselbe in beiden Fällen zu $3000^k$ pro Quadratcentimeter angenommen, ist zur Zerstörung eines Patentrohres von $92\,^1/_2{}^{mm}$ lichter Weite und $4\,^1/_2{}^{mm}$ Wandung, wie dieselben bei den in Rede stehenden Kesseln verwendet werden, eine Spannung von $P = \frac{3000 \, . \, 2 \, . \, 0{,}45}{9{,}25} = 292$ Atm. erforderlich. Damit nun ein gewöhnlicher, genieteter Walzenkessel von nur $1{,}00^m$ Durchm. dieselbe Festigkeit garantire, müsste derselbe bei bester, doppelreihiger Nietung, die immerhin nur etwa 70 pCt. Nutzleistung des Bleches ergeben würde, eine Wandung von

$$x = \frac{292 \, . \, 100}{2 \, . \, 0{,}70 \, . \, 3000} = 6{,}95^{cm},$$

also eine Panzerplatte von rot. $70^{mm}$ Stärke erhalten, dereu Ausführung sich wol selbstredend verbietet.

Wenn nun auf der einen Seite feststeht, dass durch Anlage eines Kessels, welcher im Stande ist, bis zu 10 Atm. Dampfspannung zu liefern, eine bedeutende Kohlenersparniss erzielt wird, und andererseits ein Kessel für diese Spannung, mit gleichzeitiger etwa 30facher Sicherheit sich in den gebräuchlichen Kesselformen nicht mehr ausführen lässt, dagegen in den bekannten Formen der Sicherheitskessel mit Leichtigkeit und beinahe absoluter Sicherheit erzeugt werden kann, da in letzteren selbst im Falle des Schadhaftwerdens eines Rohres die überhaupt möglichen Folgen der Explosion sich wegen der Kleinheit der einzelnen Elemente auf ein Minimum beschränken müssen, so muss es auffallen, dass die Verwendung dieses hohen Dampfdruckes unter Anwendung von Sicherheitskesseln sich nicht schon allgemein Bahn gebrochen hat. Die früheren Bedenken, dass die Maschinen in ihren Theilen zu sehr der Abnutzung unterworfen werden, sind wol als überwunden zu betrachten, und muss der Grund für diese Erscheinung sonach einzig darin gesucht werden, dass die bisherigen Constructionen dieser Kessel noch Manches zu wünschen übrig liessen. Es wird nun von Interesse sein, bevor ich zu der vorliegenden neuen Construction übergehe, die Mängel nachzuweisen, welche sich seither an den bis jetzt gebräuchlichen Systemen von Sicherheitskesseln herausgestellt haben, um im Anschluss hieran festzustellen, in wie weit bei dem neuen System diesen Mängeln abgeholfen ist.

Die Vorwürfe, welche man bislang den Sicherheitskesseln machte, gipfeln in folgenden Punkten:

1) Während bei schwachem Betriebe die Kessel

unbestritten Ausgezeichnetes leisten, einen geringen Kohlenverbrauch geben und naturgemäss geben müssen, da die dünne Wandung die Wärme gut leitet und die strahlende Wärme des Rostes voll ausgenutzt wird, während die Oberflächenausstrahlung der Kessel im Verhältniss zu den gewöhnlichen Kesseln, wegen ihrer geringen Dimensionen, nur etwa die Hälfte beträgt, würde dieser Factor mit gesteigertem Betriebe sich wesentlich ungünstiger gestalten. Der Grund hierfür liegt ziemlich nahe und zwar in der geringen Zuglänge dieser Kessel.

All diese Systeme bestehen aus einem Rohrbündel, unter welchem der Rost liegt, und durch welches die auf demselben erzeugten Heizgase in einfachem Zuge nach oben und von da in den Schornstein führen.

Bei den Root'schen Systemen hat man diesem Uebelstande dadurch abzuhelfen gesucht, dass man Horizontalplatten einlegte, welche den Zug zwangen, in Schlangenform aufzusteigen. Wenn nun hierdurch allerdings der Zweck einer grösseren Zuglänge erreicht wird, so wird damit der Vortheil aufgegeben, dass die Heizgase normal zur Kesselwandung geführt werden, wodurch bekanntlich eine wesentlich bessere Wärmeübertragung gesichert wird. Bei schwachem Betriebe, leichter Feuerung und dem entsprechend niedrig gehaltenem Zuge wird die Geschwindigkeit der Heizgase innerhalb des Kessels auch eine entsprechend geringe sein, und werden dieselben dabei trotz der geringen Zuglänge zur Genüge Zeit finden, ihre Wärme an die Kesselwandungen abzugeben. Anders verhält sich dies jedoch bei vollem oder gar forcirtem Betriebe; hier nimmt die Geschwindigkeit der Gase wesentlich zu, und sie werden in Anbetracht der kurzen Zuglänge nicht genügend ihre Wärme abgeben können und somit zuviel derselben nutzlos in den Schornstein entführen. Wesentlich trägt hierzu noch der Umstand bei, dass die Feuergase auf dem letzten Theile ihres Weges mit den wärmsten Theilen des Kessels, dem Dampfraum, in Verbindung stehen, wodurch die Wärmeübertragung pro Flächeneinheit bei der geringen Temperaturdifferenz eine nur sehr geringe sein kann, da die Temperatur des Dampfes bei 10 Atm. absoluter Spannung 180,3° C. betragen soll und bei guter Ausnutzung der Wärme die abziehenden Heizgase nur etwa 250° halten sollen.

2) Trockenheit der Dämpfe. Dieselbe verhält sich nahezu ebenso wie die vorstehend beleuchtete Ausnutzung des Brennmaterials. Bei schwachem Betriebe dürfte namentlich der Belleville-Kessel ziemlich trockenen Dampf liefern, da bei seinem sehr niedrig gehaltenen Wasserstande der Dampf im Zickzack noch eine Anzahl Rohre zu durchstreichen hat und dabei genügend Zeit findet, sich zu trocknen. Bei vollem oder gar forcirtem Betriebe werden jedoch die Wallungen des Wassers in den Röhren sich so steigern, dass nicht unbedeuklich viel Wasser mit fortgerissen wird.

Diesen Fehler hat man wohl ebenfalls erkannt und deshalb durch einen besonderen Apparat Wasser aus dem Dampfe auszuscheiden gesucht, was jedoch wol nur mit zweifelhafter Sicherheit erreicht wird und jedenfalls die Anlage complicirt.

3) Reparaturen. Während dieselben beim Root-Kessel sehr leicht ausführbar sind, bietet der Belleville-Kessel hierfür grössere Unbequemlichkeiten. Beim Schadhaftwerden eines einzigen Rohres ist es stets erforderlich, die ganze betreffende doppelte Verticalreihe von Röhren herauszunehmen und müssen hierbei, da nach kurzem Gebrauche die Gewinde nicht mehr gangbar sein dürften, die betreffenden Verbindungen durchgekreuzt und eine ganz neue Verticalreihe eingesetzt werden.

Eine derartige Reparatur erfordert wol stets einen ziemlichen Aufwand an Zeit und bedingt das Vorräthighalten bedeutender und kostspieliger Reservestücke. Dieser Uebelstand macht sich um so unangenehmer fühlbar, als doch stets, namentlich bei einigermassen schlechtem Speisewasser, die unteren Horizontallagen des Kessels gleichmässig angegriffen werden und event. durchbrennen, in welchem Falle alsdann, da jedes Rohr einer Horizontalreihe mit seiner Verticalreihe fest verbunden, sämmtliche Rohre, also bis auf die Garnitur und das äussere Gestell, der ganze Kessel ausgewechselt werden muss. Dies ist bei dem Belleville-Kessel ein so bedeutender Nachtheil, dass derselbe bei schlechtem Speisewasser kaum verwendbar erscheint.

4) Kesselsteinbildung und Schlammablagerung. Das Wasser wird bei den betrachteten Kesselsystemen unmittelbar über dem Roste eingeführt. Wie ausserordentlich nachtheilig dies namentlich bei schlechtem Speisewasser sich zeigen muss, wo also der ganze Schlamm und der schwefelsaure Kalk sich in den untersten Lagen der Rohre ablagert, die direct der grössten Hitze und der strahlenden Wärme ausgesetzt sind, liegt auf der Hand.

Man hat diesem Uebelstande dadurch abzuhelfen gesucht, dass bei Root'schen Kesseln ein kleineres Rohrsystem, bei Belleville directer Dampf zum Vorwärmen des Wassers und damit Ausscheiden eines Theils der Verunreinigungen des Wassers erstrebt wird, bevor dasselbe in die untersten Lagen des Kessels eintritt. In wie weit diese Vorkehrungen dem beregten Uebelstande abhelfen, wollen wir dahingestellt sein lassen, in jedem Falle führen dieselben wiederum nicht unwesentliche Complicationen mit sich.

Durch die uns vorliegende neue Kesselconstruction von J. G. Schmidt ist allen diesen Uebelständen gründlich abgeholfen, und wird sich dies aus der Construction des Kessels ohne Weiteres ergeben. Dieselbe ist durch die Fig. 1, 2 und 3 auf Taf. I in Vorder- und Seitenansicht, sowie im Grundriss dargestellt. Sämmtliche Rohre eines Kessels sind in zwei völlig getrennte Gruppen getheilt und zwar in die über den Rosten liegende Gruppe B und in die getrennt von dieser und hinter derselben gelagerte Gruppe A. Die Rohre beider Gruppen sind vollständig gleich und bestehen aus patentgeschweissten Röhren von 4 Zoll engl. $= 101^1/_2{}^{mm}$ äusserem Durchm. mit $4^1/_2{}^{mm}$ Wandung. Auf jedes

Ende dieser Rohre ist ein Kopf aus schmiedbarem Guss aufgeschraubt (Fig. 7 bis 9), dessen plattenförmige Ansätze sich beim Aufeinanderlegen der Rohre, ähnlich wie bei den Root'schen Kesseln, ziegelartig auf einander bauen, wodurch der Abschluss der Rohrverbindung von dem Zuge der Feuergase bewirkt wird; sodann tragen diese Köpfe zwei Taschen zur Aufnahme von zwei Hakenschrauben, die zum Aufschrauben des Verbindungsbogens für je zwei Rohre dienen. Der Verbindungsbogen, welchen Fig. 4 bis 6 im Detail darstellen, ist ebenfalls aus schmiedbarem Guss und trägt angegossene Ohren zur Aufnahme der Schraubenbolzen. Die Dichtungsflächen sind mittelst besonderer Vorrichtungen, die eine gerade parallele Lage, namentlich an den Bögen sichern, auf der Drehbank abgedreht und die vier Kanten der Köpfe gehobelt. Die Verbindung der über einander, jedoch um einen Rohrdurchmesser versetzt liegenden Rohre geschieht nun, ähnlich wie bei Belleville, abwechselnd an dem einen und an dem anderen Ende, so dass diese Verticalreihen eine continuirliche Schlange bilden. Eine Ausnahme hiervon machen die drei untersten Lagen über dem Roste, welche durch dreitheilige Bögen verbunden sind, um das directe Aufsteigen der im untersten Rohre entwickelten Dampfblasen nach den Dampfrohren zu ermöglichen; hierdurch wird ein wesentlich ruhigerer Wasserstand erzielt. Die unteren Rohre sowol als die oberen Rohre der Verticalreihen sind in beiden Kesseln durch gusseiserne $160^{mm}$ weite Rohre verbunden.

Das Speisewasser tritt nun in das untere Verbindungsrohr des Hinterkessels A, vertheilt sich in die vier Verticalreihen, sammelt sich wiederum in dem oberen Rohre, fällt von hier durch ein verticales Verbindungsrohr in das untere Rohr des Vorderkessels B und vertheilt sich sodann in die sieben Verticalreihen desselben, welche den in ihnen erzeugten Dampf in das obere Verbindungsrohr abgeben. Die beiden oberen Verbindungsrohre des Vorder- und Hinterkessels liegen in einer Axe und sind nur durch einen Blindflansch von einander getrennt. Die Sammelrohre des Vorderkessels sind am vorderen Ende durch ein verticales $90^{mm}$ weites Rohr verbunden, welches zur Aufnahme der Wasserstände und Manometerträger dient; ausserdem stützt sich das untere Rohr auf das Schlammsackrohr. Der Kessel A soll im Betriebe nur Wasser, der Kessel B nur in den beiden untersten Lagen Wasser enthalten.

Beide Kessel sind vollständig von einander getrennt, was dadurch erreicht ist, dass in dem hinteren Theile des unteren Sammelrohrs des Vorderkessels central ein düsenartiges Ventil, Fig. 10, eingeschaltet ist, welches durch die nach vorn durchgeführte Spindel regulirt werden kann. Die auf dem Roste erzeugten Feuergase umspielen nun zunächst die Rohre des Vorderkessels und werden dann durch Oeffnungen in der beide Kesselgruppen trennenden Wand in den Hinterkessel und in diesem abwärts nach dem unter dem Terrain liegenden Rauchcanal geführt. Die Oeffnungen in der mittleren Wand liegen derart, dass die obersten Rohre des Vorderkessels nicht direct von der Flamme berührt, vielmehr der stagnirenden Wärme ausgesetzt sind.

Durch diese Anordnungen werden nun wesentliche Vortheile für den Betrieb erzielt und den Vorwürfen, welche man bis jetzt den Sicherheitskesseln machte, gründlich abgeholfen, denn

1) dadurch, dass die Rohre in zwei, verhältnissmässig schmalere Bündel zerlegt werden, wird eine grössere Zuglänge erzeugt und dabei die Richtung des Zuges normal zu den Rohren beibehalten. Durch die Art der Circulation des Wassers wird, namentlich im Hinterkessel, eine vollständige Gegenströmung von Wasser und Heizgasen erzielt, so dass die letzteren beim Verlassen des Kessels mit den kältesten Wasserrohren in Berührung kommen, wodurch eine möglichst hohe Ausnutzung der Wärme selbst bei forcirtem Betriebe gesichert wird;

2) der Kessel wird stets trockenen, wenn nöthig, sogar überhitzten Dampf geben. Das Wasser, welches im Hinterkessel bis zu einem Drucke von 20 Atm. erhitzt werden kann, tritt schon so weit vorgewärmt bezw. überhitzt in den Vorderkessel, dass hier in den beiden untersten Rohrlagen nur noch die Verdampfungswärme aufgenommen zu werden braucht; da diese das Hauptquantum der dem Wasser zuzuführenden Wärmemenge ausmacht, so kann es wol für äusserst vortheilhaft gelten, dass gerade der Theil des Kessels, in welchem am meisten Wärme absorbirt wird, unmittelbar über dem Rost liegt, also ausser den heissesten Gasen auch noch die Nutzniessung der strahlenden Wärme erhält. Da nun überdies der in den untersten Rohren gebildete Dampf noch eine Anzahl Rohre bis zum Dampfsammler durchstreicht, welche theils dem directen Zuge, theils der Stauhitze ausgesetzt sind, so ist es klar, dass hier selbst bei forcirtem Betriebe stets ein trockener, ja sogar bei etwas niedrig gehaltenem Wasserstande ein überhitzter Dampf resultiren muss.

3) Reparaturen. Dieselben sind bei diesem neuen Kessel leichter als bei jedem anderen Kessel und mit dem denkbar geringsten Zeitaufwande auszuführen, da vorkommenden Falls nur ein Theil desselben abgeblasen werden braucht. Für den Fall, dass ein Rohr oder eine Packung auszuwechseln ist, z. B. im Vorderkessel, wird das Uebergangsventil aus A nach B ganz geschlossen und der Vorderkessel abgeblasen, was in wenigen Minuten geschehen ist. Darauf kann durch Lösen von vier bezw. sechs Schrauben eine jede beliebige Packung oder ein Rohr ausgewechselt werden; alsdann lässt man aus dem Hinterkessel, in welchem der Druck sich während dieser Zeit voll erhält, Wasser nach dem Vorderkessel übertreten, beginnt zu feuern und kann nach wenigen Minuten die Speisepumpe wieder anlassen, um dann zunächst das im Hinterkessel fehlende Wasser zu ersetzen. Diese ganze Operation lässt sich in einer halben Stunde recht gut durchführen. In ähnlicher Weise wird verfahren, wenn die Nothwendigkeit eintritt, am Hinterkessel ein Rohr oder eine Packung auszuwechseln.

4) Kesselsteinbildung und Schlammablagerung. Die Ablagerung von Schlamm findet namentlich und fast ausschliesslich im Hinterkessel statt; von wo derselbe von Zeit zu Zeit abgeblasen werden kann. Soweit derselbe sich daselbst in den Rohren lagert, ist er überdies weniger gefährlich, da die Flamme hier von oben auf die Rohre stösst, also stes auf von innen freie Rohrstellen. Der nach dem Vorderkessel übergeführte Schlamm wird durch die centrale Einführung in das untere Sammelrohr, nach vorn getrieben, wo er sich in dem ruhigeren ausserhalb der Wassercirculation liegenden Ende des Rohres ablagert und in dem Schlammsackrohr sammelt, von wo er von Zeit zu Zeit abgeblasen wird. Der feste Kesselstein dagegen, welcher ja bekanntlich durch keine Strömung und Kesselform sich verhindern lässt, kann ausserordentlich leicht aus den Rohren dieses Kessels entfernt werden, da nach der Abnahme der Verbindungsbogen der volle Rohrquerschnitt frei liegt, was bei keinem anderen Kessel der Fall ist. Je nach dem Speisewasser wird man bald erfahren, in welchen Rohrlagen sich der meiste Kesselstein fest ansetzt, und danach nun die betreffende Rohrlage in bestimmten Zeiträumen reinigen; andere brauchen nur in grösseren Perioden gereinigt zu werden und endlich der grösste Theil der Rohre niemals, da sich in denselben nur Dampf befindet (die obersten Rohre des Vorderkessels) oder nur Schlamm, welcher je nach Bedarf abgeblasen wird, wie in den unteren Lagen des Hinterkessels.

Ein weiterer Vorwurf, den man namentlich dem Belleville-Kessel macht, ist der, dass der Dampfdruck zu sehr schwankt, und schwer ein regelrechter Betrieb zu erzielen sei. Dies erklärt sich wol zur Genüge dadurch, dass in diesem Kesselsystem, um nur einigermassen trockenen Dampf zu erzielen, der Wasserstand sehr niedrig gehalten wird und nur etwa ein Drittel aller Rohre mit Wasser gefüllt ist. Bei dem vorliegenden Kessel sind allerdings im Vorderkessel ebenfalls aus gleichem Grunde der Erzeugung trockenen Dampfes nur die unteren Rohrlagen mit Wasser gefüllt, dagegen der ganze hintere Kesseltheil A nur mit Wasser, so dass hier also $^2/_3$ bis $^3/_4$ sämmtlicher Rohre mit Wasser gefüllt sind und nur $^1/_3$ bis $^1/_4$ dem Trocknen bezw. Ueberhitzen des Dampfes dienen. Dadurch dass die Feuerung quer zu den Rohren liegt, ist es selbst bei kleinen Kesseln schon möglich, zwei getrennte Feuerungen anzulegen, durch deren abwechselnde Beschickung ebenfalls wesentlich zu gleichmässigem Betriebe beigetragen wird.

Die Regulirung des Wasserstandes im Vorderkessel geschieht in einfachster Weise durch Einstellen des Uebergangventils, welches den Uebertritt des Wassers aus dem Hinterkessel nach dem Vorderkessel bedingt; hiermit regulirt sich aber auch gleichzeitig die Wasserspeisung im Hinterkessel, denn wenn das Uebergangsventil weit geöffnet wird, fällt sofort der Druck im Hinterkessel, welcher für gewöhnlich etwas höher als im Vorderkessel gehalten wird, da in demselben nur das unelastische Medium, Wasser, enthalten ist; gleichzeitig wird, dem verminderten Gegendruck entsprechend, die Speisepumpe schneller gehen. Im entgegengesetzten Falle wird das Umgekehrte stattfinden: durch Schliessen des Ventils steigt der Druck hinten, die Pumpe geht langsamer, bis bei einem Gegendruck von 20 Atm. die Dampfpumpe selbstthätig stehen bleibt. Die Bedienung des Kessels wird hierdurch eine ausserordentlich einfache und leichte.

Da der Kessel in zwei vollständig zu trennende Theile gegliedert ist, wird es auch erforderlich, einem jedem Theile ein eigenes Sicherheitsventil und Manometer zu geben. Die Manometer sind durch Dreiwegehähne so unter sich und mit dem amtlichen Controlstutzen verbunden, dass dieselben zur gegenseitigen Controle entweder beide mit dem Druck des Kessels A oder des Kessels B verbunden werden können, wodurch jederzeit also die Richtigkeit und Betriebstüchtigkeit der Manometer festgestellt werden kann.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass dieser Kessel, der aus Rohren von nur $92^1/_2$ mm lichter Weite besteht, überall, selbst unter bewohnten Räumen aufgestellt werden darf und derselbe vollständig unabhängig von der Lage des Schornsteins ist, da die abziehenden Gase unten am Kessel abgehen und von da unter dem Boden beliebig geleitet werden können.

# Ueber Turbinen.

Von **J. C. Bernhard Lehmann**, Maschinenfabrik-Director in Erfurt.

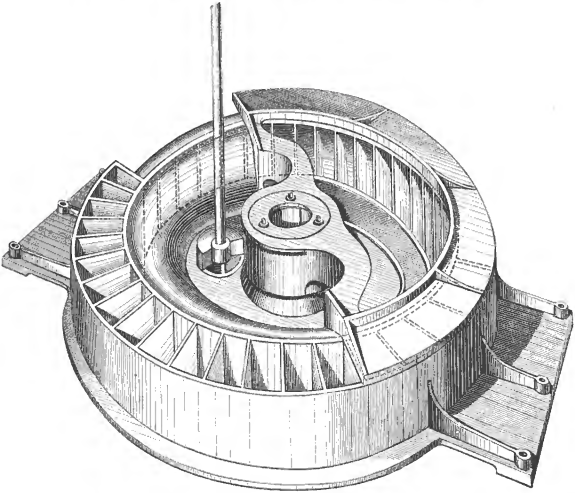
(Fortsetzung von Seite 31.)

Die Fig. 7 zeigt die Anwendung der hydraulischen Regulirung auf die Schützen-Construction von Fig. 4. Die nach oben mündenden Leitzellen werden mittelst eines Planschiebers gedeckt, welcher mit dem cylindrischen Schieber für die nach innen mündenden Leitzellen verbunden ist. An letzteren ist eine concentrische Wandung angegossen, so dass ein halbringförmiger hohler Raum entsteht, welcher an den beiden Enden durch radiale Wände und an seiner unteren Seite durch den Leitraddeckel geschlossen ist. Eine auf letzterem befestigte radiale Wand schliesst sich an die Innenwandung des Hohlraumes an und trennt denselben in zwei Abtheilungen. Die Bewegung des Hohlschiebers wird durch Einführung von Druckwasser in eine der Abtheilungen bewirkt, und zwar geschieht die Füllung der einen oder anderen Abtheilung durch einen Steuerapparat, welcher in Fig. 7 beispielsweise als Drehschieber dargestellt ist.

## II. Ueber Spurzapfen-Constructionen.

Der Spurzapfen ist, von etwaigen complicirten Regulirvorrichtungen abgesehen, der empfindlichste Theil der Turbine und es ist die Mannigfaltigkeit der Zapfenconstructionen ein Beweis des Bestrebens der Constructeure, den Bedingungen eines guten und gesicherten Ganges des Zapfens in höchst möglichem Grade Rechnung zu tragen. Ich will eine kurze Uebersicht über die gegenwärtig hauptsächlich in Anwendung kommenden Constructionen, in den Figuren 8 bis 19 dargestellt, geben. Allerdings besitzen wir in dem Capitel „Zapfenanordnungen" und der hierzu gehörigen Taf. XII des Redtenbacher'schen Werkes „Theorie und Bau der Turbinen" eine schätzenswerthe Zusammenstellung von zehn Anordnungen; seit 1860, in welchem das genannte Werk erschien, sind aber neuere Anordnungen aufgetreten und man darf die jetzigen Constructionen als durchgebildeter bezeichnen. Man legt nicht mehr, wie früher, einen so grossen Werth auf die Selbstcentrirung, sondern betrachtet bei der jetzigen Bauart der Turbinen und ihrer Bearbeitung in der Ausführung, bei welchen eine genaue Aufstellung keine Schwierigkeit mehr bietet, die exacte und durch angemessene Fundirung exact bleibende Montirung als eine unbedingt zu erfüllende Forderung bei dem jetzigen Standpunkte dieser Branche. Die Erfahrung spricht namentlich bei grösseren Belastungen der Spurzapfen gegen die Selbsteinstellungen, die mit der Druckaufnahme auf schmalen Flächen verbunden sind; Brüche und grössere Abnutzung treten hier leichter ein als bei den Constructionen mit festgelagerten Spuren und Gehäusen. Endlich hat die Praxis gegenüber der Redtenbacher'schen Meinung ein günstigeres Urtheil über den Fontaine'schen Zapfen gesprochen.

**Fig. 7. Hydraulische Regulirvorrichtung, Deutsches Reichspatent B. Lehmann.**



Ich will die Bezeichnung festhalten, dass der am Fusse der verticalen Turbinenachse sitzende Zapfen Unterzapfen, der am Kopfe derselben sitzende Oberzapfen und der in der Turbinenachse eingeschaltete Zapfen, über welchem die Kraftübertragung durch die verlängerte Turbinenachse stattfindet, Mittelzapfen genannt sein soll.

### Unterzapfen.

Die ursprüngliche Construction war der Unterzapfen, im Unterwasser tauchend; gegen letzteres wird der Zapfen durch Liderung, Fig. 10 und 11, oder durch

einen hydraulischen Oelverschluss, Fig. 8, geschützt. Diese Lage des Zapfens bringt es mit sich, dass dieser, der Wartung am meisten bedürftige Theil der Beobachtung während des Betriebes entzogen und nur beim Stillstande der Turbine, wenn sonst die Unterwasserverhältnisse es erlauben, zugängig ist. Die Vorkommnisse mit diesen Zapfen sind daher nach Art der mehr oder weniger zweckmässigen Construction, nach dem Grade der Ausführung und nach den äusseren Einflüssen mehr oder weniger häufig, jedenfalls aber den Betrieb störend. Erstarrt im Winter das Oel in den nach und von dem Zapfengehäuse führenden Rohren, Fig. 10 und 11, und wird die Oelpumpe, welche das Schmiermaterial durch das Zapfengehäuse drückt, nicht fleissig gehandhabt, oder wird die Liderung undicht und dringt unreines, Sand führendes Wasser in das Gehäuse, so steht eine schnelle Vernichtung der Zapfenflächen zu befürchten, oder, um dies zu verhüten, kann der Oelverlust eine ausserordentliche Höhe erreichen. Der meistens beschränkte Raum und die unbequeme Zugänglichkeit dieser unteren, unter dem Unterwasserspiegel befindlichen Zapfen erschweren das Nachsehen und etwaige Reparaturen. Die Mangelhaftigkeit dieser Zapfenanordnung und die infolge derselben eintretenden Störungen, welche mit Schädigung des Betriebes und mit Verlusten verknüpft sind, haben s. Z. manchem Besitzer seine sonst schätzenswerthe Turbine verleidet. Indessen giebt es doch Fälle, namentlich wenn das Unterwasser leicht abfliessen oder beseitigt werden kann, bei mit Sauggefälle arbeitenden Turbinen u. s. w., wo die Anwendung dieser Zapfenconstruction noch am Platze ist.

Während in Fig. 10 die gewöhnliche Anordnung, dass sich die Achse in einem fest gelagerten Spurgehäuse dreht, dargestellt ist, giebt Fig. 11 die sogenannte umgekehrte Aufstellung an; hier befindet sich das Spurgehäuse in der Welle und dreht sich um den feststehenden Zapfen.

Bei den sogenannten amerikanischen Turbinen finden sich haufig Pockholzzapfen angewendet, die von den, betreffs der Schmierung berührten Uebelständen zum grössten Theil frei sind, da das Pockholz, mit Wasser geschmiert, der Abnutzung in nur geringem Grade unterworfen ist. Die Zapfen dieser Turbinen, die man überhaupt nur in kleinen bis zu mittleren Grössen ausführt, baden im Unterwasser, welches die Reibungsflächen netzt. Ich wandte Pockholzzapfen vielfach, namentlich in Schweden, jedoch mit der wesentlichen Abweichung an, dass ich die Schmierung der Flächen durch Druckwasser, welches mittelst eines, in das Oberwasser mündenden Rohres zwischen die Zapfenflächen führte, bewirkte. Erst mit dieser Einrichtung wurde es möglich, Pockholzzapfen auch für grosse Zapfenbelastungen, also grössere Zapfendurchmesser anzuwenden.

Fig. 12 stellt einen Zapfen mit ebener Reibungsfläche und mit Pockholzklötzen zur seitlichen Führung dar; die letzteren sind conisch und können durch einen Flansch angezogen werden. Nach meiner Erfahrung ist es vortheilhafter, eine grössere Anzahl schmaler, etwa 30$^{mm}$ breiter Klötze, welche zwischen sich Rinnen zum Durchtritt des Druckwassers lassen, anzuwenden als breite Schalen; bei den breiten Flächen reicht die schmierende Wirkung des Wassers nicht aus. Der Zapfen selbst besteht aus dem Ende der schmiedeeisernen Welle.

Fig. 13 stellt einen kugelförmig abgedrehten, feststehenden Pockholzzapfen dar, auf welchem sich ein gusseiserner, im Wellenende befestigter Schuh dreht. Der Zapfen wird durch Holzkeile centrirt und befestigt. In beiden Figuren ist die Zuführung des Druckwassers nach den Zapfenflächen angegeben.

Da die Belastung bei Eisen auf Holz bei den nach Fig. 12 eingerichteten Zapfen nach meinen Erfahrungen mit 0,2$^k$ pro Quadratmillimeter zweckmässig angenommen werden kann, diese Belastung aber im Mittel nur $^1/_3$ von der bei Stahl auf Bronze zulässigen beträgt, die Pockholzzapfen also wesentlich grösser werden, ausserdem auch der Reibungscoefficient bei letzteren höher ist, so ergiebt sich der Kraftverlust durch Zapfenreibung bei den Pockholzzapfen wesentlich bedeutender als bei Metallconstructionen, ein Umstand, welcher allerdings nicht immer massgebend gegen die Anwendung des Pockholzes spricht. Vorzüge des Pockholzzapfens sind seine Einfachheit und hiermit verbundene wohlfeile Herstellung und Auswechselung, sowie sein zuverlässiger Gang unter Wasser und im Winter.

Es erübrigt noch, diejenigen Unterzapfen anzuführen, welche, obwol am Ende der Welle befindlich, doch nie von dem Unterwasser erreicht werden; es wird dies durch eine überhöhte Lage der Radnabe und nach oben gehende Radarme erreicht.

Fig. 8 kann zunächst als Beispiel eines solchen Unterzapfens dienen, welcher bei einer von oben beaufschlagten Axialturbine oder bei einer von aussen beaufschlagten Radial-Partialturbine angewendet werden kann. Die in einander greifenden ringförmigen Ansätze an der Radnabe und am Gehäuse verhindern das Eindringen von Spritzwasser. Die längliche Fussplatte des Gehäuses ruht auf zwei Ständerfüssen, auf denen sie ringförmig aufgedreht ist. Nach Entfernung der Verbindungsschrauben und Aufhängung der Welle kann nach Drehung des Gehäuses um einen rechten Winkel das letztere in den Zwischenraum zwischen den Ständerfüssen hinunter gelassen und dann herausgenommen, der Zapfen also nachgesehen werden, ohne an der Turbine selbst etwas zu demontiren.

Fig. 9 stellt den Unterzapfen einer von innen beaufschlagten Radialturbine mit Wasserzuführung von unten dar; das Zapfengehäuse ist auf dem Deckel des Kessels gelagert und kann daselbst mittelst Stellschrauben centrirt werden. Die metallenen Halsführungsschalen sind durch mit Schrauben ziehbare Eisenkeile nachstellbar. Zwischen dem gehärteten Gussstahlzapfen und der gehärteten gussstählernen Platte befindet sich eine frei bewegliche Bronzeplatte. Diese Zapfenanordnung

## Spurzapfen-Constructionen.

Fig. 8.
Unterzapfen mit Gehäuse zum Hinunterlassen.

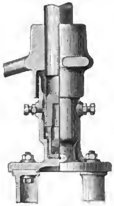


Fig. 9.
Unterzapfen mit Gehäuse-Einstellung und Keilanzug der Halsbacken.

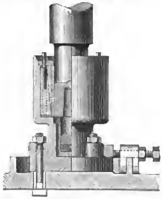


Fig. 10.
Unterzapfen mit Liderung.

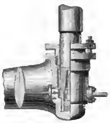


Fig. 11.
Unterzapfen mit umgekehrter Anfstellung.

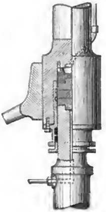


Fig. 12.
Pockholzzapfen mit ebener Fläche und Druckwasser-Schmierung.

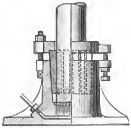


Fig. 13.
Pockholzzapfen mit gewölbter Fläche und Druckwasser-Schmierung.

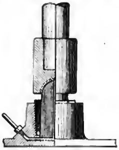


Fig. 14.
Ring-Oberzapfen.

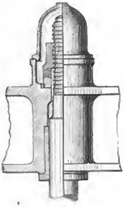


Fig. 15.
Ring-Oberzapfen mit doppeltem Schmierrand.

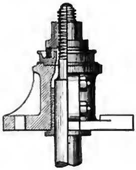


Fig. 16.
Fontaine-Oberzapfen mit äusserem Spurgehäuse.

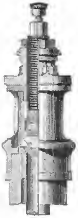


Fig. 17.
Fontaine-Mittelzapfen mit äusserem Spurgehäuse.

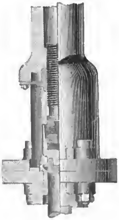


Fig. 18.
Fontaine-Oberzapfen mit innerem Spurgehäuse und mit Liderung.

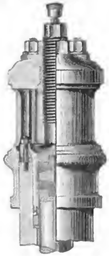
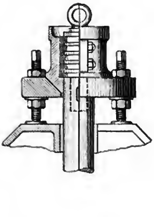


Fig. 19.
Kammzapfen.



entspricht in der angeführten Anwendung den Erfordernissen, welche in Hinsicht der Genauigkeit der Lage, der Sicherheit im Betriebe, der bequemen Zugänglichkeit und nicht zu grosser Kosten gestellt werden können, im hohen Masse.

### Ober- und Mittelzapfen.

Infolge der vorhin angeführten, mit den Unterzapfen häufig verbundenen Uebelstände haben die Ober- und Mittelzapfen eine immer ausgedehntere Anwendung gefunden. Diese Zapfenarten werden nach zwei verschiedenen Anordnungen construirt, entweder als Kammzapfen an einer massiven Axe oder als Hängezapfen an einer hohlen Welle, welche letzteren sich um eine in ihr befindliche, feststehende Spindel, auf welcher der Zapfen seinen Stützpunkt findet, dreht. Im ersteren Falle ruht das Gewicht der beweglichen Turbinentheile mit oder ohne Wasserdruck auf dem oberen, über der Turbine gelagerten Gebälk, im zweiten Falle auf dem Fundamente oder einer Lagerung unter der Turbine.

Fig. 19 stellt die Anordnung eines Kammzapfens, nach dessen Anwender für Turbinenwellen auch Franciszapfen genannt, dar. Je nach der Belastung wird die Zahl der Ringe oder die Grösse der Auflagefläche derselben angenommen. Die Kammzapfenspindel besteht aus Schmiedeeisen oder Stahl, die Ringfutter sind von Bronze. Das Zapfengehäuse wird gewöhnlich stellbar auf dem Lagerbocke gemacht, auf welchem sich das Halslager der Achse befindet; der Lagerbock ruht auf einem Gebälke.

Dem Vorzuge einer verhältnissmässig einfachen Construction stehen als Nachtheile der, durch den grösseren Reibungsradius erhöhte Kraftverlust durch die Reibung, sowie die praktische Schwierigkeit entgegen, die bei höheren Belastungen erforderlichen vermehrten Ringe in gleichmässig guter Auflage herzustellen und in derselben zu erhalten. In Berücksichtigung des letzteren Umstandes sind die Zapfen mit einem Ringe, die ich Ringzapfen nennen will, entstanden.

Fig. 14 stellt einen grösseren, Fig. 15 einen kleineren Ringzapfen dar; bei beiden ist der Ring von der Zapfenspindel getrennt. In Fig. 15 läuft der Zapfenring auf einer metallenen, mit Rändern gegen den Oelabfluss versehenen Bahn. Bei der Anordnung Fig. 14 wird die den Zapfenring umgebende Kapsel mit Oel gefüllt, welches durch die nicht entbehrlichen Schmiernuthen allerdings einen Weg nach innen findet. Zum Zweck der Einstellung des Zapfens, namentlich der Regulirung des Spaltes zwischen Leit- und Laufrad bei Axialturbinen ist bei beiden Ringzapfen der Ring mit einer Mutter verbunden, die auf dem Gewinde der Zapfenspindel höher oder tiefer gedreht und mittelst eines Längskeiles im Gewinde festgestellt werden kann.

Bei gleichem Flächendrucke wird der Kraftverlust durch Reibung bei dem Ringzapfen infolge des grösseren Reibungsradius höher als bei dem mit mehreren Ringen versehenen Kammzapfen; auch ergiebt die Anordnung in Fig. 15 einen grösseren Reibungsradius als die in Fig. 14. Es beschränkt sich daher die Anwendung der Ringzapfen zweckmässiger Weise nur auf geringere Belastungen, während die Kammzapfen-Construction für alle Belastungen anwendbar ist. Die Kammzapfen und die Ringzapfen eignen sich in sofern nicht zu Mittelzapfen, als wegen der Kraftübertragung durch den Zapfen hindurch die Wellenstärke beibehalten werden müsste und sich hierdurch ein unverhältnissmässig grosser Reibungsradius ergeben würde.

Die vollkommenste, im neueren Turbinenbau immer allgemeiner eingeführte Zapfenanordnung ist die mit hohler Turbinenwelle und fest stehender Zapfenspindel, der sogenannte Fontainezapfen. Er ist in Fig. 16 als gewöhnlicher Oberzapfen, in Fig. 17 als Mittelzapfen bei Kraftübertragung nach dem Wellenaufsatz über dem Zapfen und in Fig. 18 als Oberzapfen für sehr grosse Belastung dargestellt. In allen drei Fällen ist ein gehärteter, gussstählerner Spurstift, eine ebensolche Spurplatte und eine frei bewegliche, bronzene Zwischenplatte angenommen; in Fig. 16 und 17 sind die Spurflächen eben, in Fig. 18 gewölbt. Die Zapfentheile befinden sich in einer aus Bronze oder aus Gusseisen hergestellten Buchse; dieselbe dient bei der Anordnung von Fig. 18 zugleich als Führung der Welle an der Spindel, während in den Fig. 16 und 17 zu diesem Zweck eine besondere Metallbuchse angebracht ist. Der Spurzapfen befindet sich am Ende einer, in einer schmiedeeisernen Tragmutter drehbaren Schraubenspindel; die Mutter, gegen welche der Aufsatz der Welle sich stützt, ist entweder, wie in den Fig. 16 und 18, fest gelagert, so dass die Schraubenspindel drehbar ist, oder sie ist, wie in Fig. 17, drehbar gelagert, so dass mit ihrer Drehung der Spindel eine Verschiebung vertical auf- oder abwärts ertheilt werden kann; in diesem Falle enthält die Bohrung des Wellenaufsatzes eine Feder, welche in eine, in das Gewinde der Schraubenspindel eingehobelte Längsnuth greift und die Spindel gegen Drehung schützt. Durch diese Spindel können sowol der Zapfen als auch bei Axialturbinen die zwischen Leit- und Laufrad verlangte Spalthöhe eingestellt werden. Durch diese Spindel findet auch die Oelzuführung nach der Mitte des Zapfens statt; nur bei kleinen Durchmessern und nicht grossen Umdrehungsgeschwindigkeiten des Zapfens ist ein blosses Baden desselben im Oele genügend; bei grösseren Durchmessern und schnell laufenden Zapfen gewährt nur die unter einem gewissen Druck nach der Mitte des Zapfens stattfindende Zuführung von reinem Oel einen betriebssicheren Gang. Das von der Mitte der Spur zugeführte Oel wird wegen der geringen Geschwindigkeit daselbst am leichtesten zwischen die Flächen aufgenommen. Wenn die Zapfentheile in eine Buchse eingeschoben sind, so müssen in derselben Rinnen, den Zapfenflächen entsprechend, eingedreht sein.

Die Schraubenspindel wird, wie in Fig. 16 und 18, in ihrer Lage durch eine Gegenmutter erhalten, welche ein, gegen die Umdrehungsrichtung der Welle entgegengesetzt gerichtetes Gewinde besitzt und noch eine besondere Feststellung durch Keil u. s. w. erhalten kann;

für die drehbare Mutter in Fig. 17 ist eine einfache Feststellung mittelst Scheibe angedeutet. Die Drehung der Schraubenspindeln in Fig. 16 und 18, oder der Mutter in Fig. 17 geschieht bei nicht zu grossen Zapfen mittelst eines langen Mutterschlüssels; bei sehr schweren Belastungen, also sehr grossen Zapfen muss für die Leichtigkeit und Sicherheit dieser Einstellung weitergehende Sorge getragen werden. Bei dem Zapfen von 210$^{mm}$ Durchmesser einer 500pferdigen Axialturbine, welche ich im Jahre 1873 ausführte und die im 111. Hefte von Wiebe's Skizzenbuch veröffentlicht ist, wird die Drehung der Schraubenspindel durch ein Schneckenradvorgelege bewirkt, dessen metallenes Schneckenrad die Tragmutter bildet und dessen Schneckenwelle eine Feststellung besitzt. Bei diesem Zapfen wird der Spindel das Oel aus einem feststehenden Behälter zugeführt, in welchem dasselbe zur Winterszeit mittelst einer Gasflamme erwärmt wird; an dem Behälter befindet sich ein mit Hahn versehenes Röhrchen, aus welchem das Oel in eine um die Welle gelegte Rinne tropft, um von hier durch eine Bohrung in der Welle der Spindel zugeführt zu werden.

Um den Oelabfluss bei grossen Zapfen zu verhindern oder zu begrenzen, wird, wie in Fig. 18 dargestellt, unter der Führungsbuchse der Spindel eine Liderung angebracht; die Buchse ist anziehbar, um die Liderung, aus einer Hanfpackung und einer Ledermanschette bestehend, unter entsprechendem Druck halten zu können.

Aus den Darstellungen erhellt, dass der Fontaine'sche Ober- oder Mittelzapfen die wichtigsten Vorzüge, nämlich die einer stets möglichen Beobachtung, eines durch seine Lage gegebenen natürlichen Schutzes gegen Verunreinigung, einer sicheren und sparsamen Oelung, einer bequemen Bedienung und einer leichten Zerlegbarkeit ohne Demontirung anderer Turbinentheile in sich vereinigt; als Nachtheil könnten nur seine kostspieligere Herstellung und der grössere Reibungsradius in der Halsführung der hohlen Welle betrachtet werden. Da aber im Turbinenbau, zumal bei einem so wichtigen Theile, wie der Spurzapfen es ist, als leitender Grundsatz nicht die Anwendung der billigsten, sondern die Ausführung einer möglichst vollkommenen Construction anzusehen ist und immer allgemeiner angesehen wird, und da ferner, wie aus dem folgenden Abschnitt zu ersehen ist, die Vergrösserung der Halslagerreibung nur einen unbedeutenden Werth erreicht, so hat mit Recht die Fontaine'sche Zapfenconstruction eine sehr allgemeine Anwendung im neueren Turbinenbau gefunden, und das früher so oft gehörte Bedenken der Werksbesitzer gegen die Turbinenzapfen verschwinden gemacht. Dass die übrigen Constructionen in den für ihre Beschaffenheit passenden Fällen, ohne Bemängelung zu verdienen, anwendbar sind, ergiebt sich aus den Beschreibungen dieser Anordnungen.

Was die untere Führung hohler Wellen mit Fontaine-Zapfen betrifft, so bewähren sich Pockholzklötze, welche entweder in der Welle befestigt werden und sich mit derselben um die Spindel drehen, oder in dem Leitradteller gelagert werden und die Welle von aussen führen, vorzüglich; unter einigen Hundert von mir ausgeführten Oberzapfen mit hohler Welle sind mir zahlreiche Fälle bekannt geworden, in denen während eines zehnjährigen Zeitraumes und bei ununterbrochenem Betriebe weder eine beachtenswerthe Abnutzung des Spurzapfens stattgefunden hatte, noch eine Auswechselung der ersten Pockholzklötze nöthig geworden oder erfolgt war.

Die Pockholzklötze werden mit Keilanzug versehen und, wenn sie nicht, wie meistens der Fall, im Unterwasser tauchen, mit Oberwasser genetzt. Metallbuchsen am unteren Wellenende dienen hauptsächlich zur Centrirung für den Pockholzanzug; als alleinige Führung sind sie weniger zweckmässig, da sie sich mangels geeigneter Schmierung schneller auslaufen.

Die obere Halsführung der hohlen Welle mit Fontaine-Zapfen besteht entweder in einem gewöhnlich, mit Metall- oder bisweilen auch Pockholzschalen versehenen, seitlich am Gebälk angeschraubten Fusslager oder bei stärkeren Wellen in einem mit nachstellbaren Metallbacken versehenen Gehäuse, welches auf einem mit dem Gebälk verbundenen Lagerbock ruht und auf letzterem horizontal einstellbar ist. Das Lagergebälk als Träger des Halslagers event. des Abtriebslagers oder des Zapfengehäuses wird in Holz oder als gusseiserner Rahmen oder in gewalzten I-Trägern, in letzteren namentlich bei grösseren Anlagen*) construirt.

Die Zapfen-Constructionen mit besonderen Entlastungs-Einrichtungen lasse ich, da sie ihrer Complication und ihres sehr zweifelhaften Nutzens wegen eine eigentliche Anwendung in der Praxis nicht gefunden haben, ausser Besprechung. (Schluss folgt.)

*) Als auf eine grössere Construction, welcher I-Träger als Basis dienen, verweise ich auf die in dem 111. Hefte von Wiebe's Skizzenbuch veröffentlichte, von mir ausgeführte 1000pferdige Turbinenanlage.

# Vermischtes.

## Eine Bemerkung über die Fehlergrenze bei Anwendung der Simpson'schen Regel.

Von Dr. P. Wiecke in Cassel.

Die Simpson'sche Regel lehrt die Berechnung des bestimmten Integrals

$$i = \int_0^h y \cdot dx$$

aus einzelnen Werthen der Function $y = f(x)$. Die Anwendbarkeit derselben

$$i = \frac{h}{6}(y_0 + 4y_m + y_h)$$

ist an die Bedingung geknüpft, dass innerhalb des Intervalles von $x = 0$ bis $x = h$ die Grösse $y$ eine Function von $x$ nicht höheren als dritten Grades ist, oder für den geforderten Grad

der Genauigkeit als solche gelten kann. Hat man also eine Summe

$$J \equiv \int_0^H y \, . \, dx$$

zu berechnen, und ist jene Bedingung nicht erfüllt, so theilt man das Intervall $H$ in eine Anzahl von Theilen, die gleich sein können, die aber vor Allem klein genug sein müssen, damit jener Bedingung gehörig genügt werde.

Es giebt bekanntlich eine ganze Reihe von Fällen, in welchen die Simpson'sche Regel, indem man sie auf das ganze Intervall ohne weitere Theilung desselben sich erstrecken lässt, vortreffliche Dienste leistet. Soll ein Körper berechnet werden, der von einem veränderlichen ebenen $n$eck erzeugt wird, wenn dessen Ecken auf $n$ beliebigen Geraden des Raumes (es mögen die Leitlinien zweier benachbarten Ecken windschief sein oder nicht) entlang gleiten, so lange nur die Ebene des $n$ecks sich selbst parallel bleibt, so geschieht dies durch eine einmalige Anwendung der Simpson'schen Regel. Ebenso kann des statische Moment dieses Körpers in Bezug auf eine zur erzeugenden Ebene parallele Ebene ohne weitere Prüfung der Anwendbarkeit der S. R. berechnet werden. Zu denselben Resultaten gelangt man bei Berechnung von Segmenten oder anderen Scheiben der von Oberflächen zweiter Ordnung begrenzten Körper, sobald die Schnitte parallel gewissen Axenschnitten erfolgen.

Aber hiermit ist nach des Erfinders Ansichten der Gebrauch der Regel keineswegs erschöpft; vielmehr soll gerade für solche Functionen $y$, welche von höherem Grade als dem dritten sind, durch Theilung des Intervalles $x = 0$ bis $x = H$ die S. R. anwendbar auf jeden Theil gemacht werden, während sie über das ganze Intervall, ohne wesentliche Fehler zu erzeugen, sich nicht erstrecken darf. Hierbei entsteht nun die Schwierigkeit in der Anwendung, dass man über die Anzahl der Theile in Zweifel ist, in welche das ganze Intervall getheilt werden muss, damit innerhalb jedes derselben und unbeschadet einer gegebenen Genauigkeit, $y$ als eine Function höchstens vom dritten Grade gelten kann, ja dass man bei einer nach Gutdünken vorgenommenen Theilung nicht einmal weiss, in wie weit jene Bedingung der Anwendbarkeit erfüllt, das Resultat also richtig ist. — Zur Beantwortung dieser letzten Frage soll in dem Folgenden ein Anhaltspunkt mitgetheilt werden.

1) Ist

$$y = y_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \ldots,$$

so ist

$$i \equiv \int_0^h y \, . \, dx = h \left( y_0 + \frac{a_1 h}{2} + \frac{a_2 h^2}{3} + \frac{a_3 h^3}{4} + \frac{a_4 h^4}{5} + \frac{a_5 h^5}{6} + \frac{a_6 h^6}{7} + \ldots \right)$$

Die Herleitung der S. R. erfolgt bekanntlich in der Weise, dass man jeden der Werthe

$$(x = 0) \quad y_0 = y_0$$

$$\left(x = \frac{h}{2}\right) \quad y_m = y_0 + \frac{a_1 h}{2} + \frac{a_2 h^2}{4} + \frac{a_3 h^3}{8} + \frac{a_4 h^4}{16} + \ldots$$

$$(x = h) \quad y_h = y_0 + a_1 h + a_2 h^2 + a_3 h^3 + a_4 h^4 + \ldots$$

mit einem unbekannten Coefficienten multiplicirt, die Producte addirt und jene Coefficienten dann so bestimmt, dass in der Summe eine möglichst grosse Anzahl auf einander folgender Glieder mit den gleichvielten Gliedern des Klammerfactors von $i$ übereinstimmt. Da man nur drei Coefficienten zu bestimmen hat, so wird man die Anordnung nur so treffen können, dass die drei ersten Coefficienten in beiden Summen dieselben sind, und es ergiebt sich, dass, wenn man $y_0$ mit $^1/_6$, $y_m$ mit $^4/_6$, $y_h$ mit $^1/_6$ multiplicirt, der angenäherte Werth von $i$, den wir mit $r$ bezeichnen wollen, wird

$$r \equiv \frac{h}{6}(y_0 + 4 y_m + y_h) = h \left( y_0 + \frac{a_1 h}{2} + \frac{a_2 h^2}{3} + \frac{a_3 h^3}{4} + \frac{5 a_4 h^4}{24} + \frac{9 a_5 h^5}{48} + \frac{17 a_6 h^6}{96} + \ldots \right)$$

Zunächst würde hier zu bemerken sein, dass infolge der zweckmässigen Wahl der Werthe von $y$ die Uebereinstimmung zwischen $i$ und $r$ sich noch ohne besonderes Zuthun auf ein weiteres Glied erstreckt.

Was aber die Genauigkeit des $r$ betrifft, so würde der Unterschied zwischen $i$ und $r$, den wir kurz als „Fehler" bezeichnen wollen, sich ergeben:

$$\Delta \equiv r - i = \frac{h^5}{120} \left\{ a_4 + 2{,}5\, a_5 h + 4{,}1071\, a_6 h^2 + \ldots \right\}$$

Die Angabe dieses Fehlers setzt voraus, dass die Entwickelung von $y$ nach aufsteigenden Potenzen von $x$ wirklich vollzogen ist. Eine solche Entwickelung würde aber den Nutzen der S. R. völlig aufheben.

2) Die $\varkappa$ten Potenzen irgend welcher auf einander folgender ganzer Zahlen, und darum auch die $\varkappa$ten Potenzen solcher Grössen, die nach einer arithmetischen Progression fortschreiten, bilden eine arithmetische Reihe $\varkappa$ter Ordnung; und ebenso bilden eine arithmetische Reihe $\varkappa$ter Ordnung die Werthe einer Function

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \ldots + a_\varkappa x^\varkappa,$$

wenn man für $x$ der Reihe nach die Werthe $x = 0$, $x = \delta$, $x = 2\delta \ldots$ setzt. Es wird also für unseren Fall $y$ eine Function von höherem als dem dritten Grade sein, wenn die vierte Differenzenreihe ($\Delta^4 y$) Glieder liefert, die von Null verschieden sind. Andererseits aber lässt sich auch a priori erwarten, dass der Werth von $\Delta^4 y$ einen Massstab zur Schätzung jenes Fehlers abgeben wird, wenn man diese vierte Differenz übereinstimmend mit dem obigen Ausdrucke für den Fehler mit Hilfe der Coefficienten $a_4$, $a_5 \ldots$ angiebt. Dies soll jetzt geschehen.

Setzt man nach dem Vorstehenden für $x$ der Reihe nach $0$, $\delta$, $2\delta$, $3\delta$ und $4\delta$, berechnet die zugehörigen Werthe für $y$ und bildet die auf einander folgenden Differenzen $\Delta^1 y$, $\Delta^2 y$, $\Delta^3 y$, $\Delta^4 y$, so erhält man für

$$\Delta^4 y_0 = 24 a_4 \delta^4 + 240 a_5 \delta^5 + 1560 a_6 \delta^6 + \ldots,$$

und wenn man das Intervall $4\delta = h$, $\delta = \frac{h}{4}$ setzt, so ergiebt sich

$$\Delta^4 y_0 = \frac{3 h^4}{32} \left\{ a_4 + 2{,}5\, a_5 h + 4{,}0625\, a_6 h^2 + \ldots \right\}.$$

Der Klammerfactor zeigt nun eine so überraschende Uebereinstimmung mit dem Klammerfactor in dem Fehler $\Delta \equiv r - i$, dass man in dem Ausdruck für $\Delta^4 y_0$ nicht nur ein sehr geeignetes Mittel erkennen muss, die Stelle in dem für $r$ berechneten Werthe anzugeben, welche von dem wahren $i$ abweicht, sondern auch mit Hilfe von $\Delta^4 y$ noch eine thatsächliche Verbesserung an dem Werthe von $r$ vorzunehmen im Stande ist.

Nach diesem Gesichtspunkte setzen wir die beiden Klammerfactoren gleich und bilden

$$\frac{\Delta}{\Delta^4 y_0} = \frac{h^5}{120} : \frac{3 h^4}{32},$$

demnach endlich

$$r - i \equiv \Delta = \frac{4h}{45} \Delta^4 y_0,$$

wobei das $\Delta^4 y_0$ zu bilden ist aus den bei Gebrauch der S. R. zu verwendenden Werthen von $y$ für $x = 0$, $x = \frac{h}{2}$, $x = h$ und ausserdem aus den weiteren Zwischenwerthen $x = \frac{h}{4}$ und $x = \frac{3h}{4}$.

Die Formel für $\Delta$ wird wenigstens in den Fällen, in welchen die Abhängigkeit der Function $y$ von $x$ durch einen algebraischen Ausdruck gegeben ist, zur Berechnung des Werthes für $\int_0^h y \, . \, dx$ bis zu jedem Grade der Genauigkeit hinreichen, u. A. also zur Berechnung von Integraltafeln gute

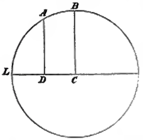
Dienste leisten. Auch wird über die Grösse des $h$, wenn es sich darum handelt, ein Intervall $H$ so zu theilen, dass eine bestimmte Genauigkeit erzielt werde, mittelst einer vorläufigen Berechnung von $\Delta^4 y_0$ eine annähernde Angabe gemacht werden können.

Grössere Vorsicht erfordert aber die Anwendung dann, wenn die Function nicht algebraisch definirt, vielleicht durch eine aus freier Hand oder durch mechanische Procedur, wie bei Schieberdiagrammen u. A., gezeichnete Functionscurve gegeben ist. Es ist nicht meine Absicht, auf zu beobachtende Vorsichtsmassregeln hier näher einzugehen, und will nur auf den Umstand besonders aufmerksam machen, dass in unserer Entwickelung die Natur der Functionscurve nicht anders zur Sprache gekommen ist als so, dass sie durch die fünf gegebenen Punkte geht.

Die vorstehende Entwickelung soll noch auf zwei Beispiele angewendet werden, in welchen das Resultat auf anderem Wege controlirt werden kann.

3) Aufgabe. In einem Kreise vom Radius 1000mm soll der Streifen $ABCDA$, wo $LD = DC = \frac{r}{2}$ ist, so genau berechnet werden, dass der Fehler kein ganzes Quadratmillimeter beträgt.

Bezeichnet man die Entfernung der Ordinate $y_0$ irgend eines Streifens mit der noch zu bestimmenden Breite $h$ von dem Endpunkte $L$ des Durchmessers $LDC$ mit $c$, so ist für die Punkte der Kreisperipherie in diesem Streifen




$$y = \sqrt{(c+x)(2r-c-x)},$$

und der Inhalt des Streifens

$$i = \int_0^h y \, . \, dx.$$

Thatsächlich werden dann natürlich die Ordinaten $y$ berechnet nach der Formel $y = \sqrt{z(2r-z)}$, wo $z$ die Scheitelabscisse des betr. Punktes ist, und

$$J = \int_{500}^{1000} \sqrt{z(2r-z)} \, . \, dz.$$

Um für die Breite $h$ der einzelnen Streifen einen Anhalt zu gewinnen, wird man nach der geforderten Genauigkeit

$$\Delta = {}^4/_{45}\, h \, . \, \Delta^4 y = 0{,}05$$

zu machen haben, $h \, . \, \Delta^4 y$ also $= 0{,}5$.

Berechnet man sich einige $y$, welche man auch nachher für die Anwendung der S. R. zu verwerthen gedenkt, so gelangt man zu dem Resultate, dass für $h = 100$ in dem Intervall $z = 500$ bis $z = 600$, $\Delta^4 y_0 < 0{,}005$ wird, auch in Anbetracht der Veränderung der $y$ in diesem Intervall bei der vorliegenden Aufgabe für grössere $z$ eher eine Abnahme der $\Delta^4 y_0$ als eine Zunahme derselben zu erwarten ist. Berechnet man andererseits die $y$ für $z = 800$, $z = 850$, $z = 900$, $z = 950$, $z = 1000$ und bildet auch für diese Scala die vierte Differenz, so ergiebt sich $\Delta^4 y = 0{,}022$

$$h \, . \, \Delta^4 y = 200 \, . \, 0{,}022 = 4{,}4 \ldots$$

d. i. beinahe 10 mal so gross, als es sein darf; und man kann also wenigstens daran nicht denken, für grössere $z$ die Intervalle doppelt so gross zu nehmen als für $z = 500$. Wir bleiben also bei dem Intervall $h = 100$ stehen und berechnen:*)

| für $x =$ | $y$ | $\Delta y$ + | $\Delta^2 y$ — | $\Delta^3 y$ + | $\Delta^4 y$ — |
|---|---|---|---|---|---|
| 500 | 866,02540 | 13,9604 | 0,9176 | 0,0397 | 0,0047 |
| 525 | 879,9856 | 13,0428 | 0,8790 | 0,0350 | |
| 550 | 893,02855 | 12,1248 | 0,8430 | | |
| 575 | 905,1924 | 11,3212 | | | |
| 600 | 916,51514 | 10,5097 | 0,7848 | 0,0242 | 0,0028 |
| 625 | 927,0242 | 9,7249 | 0,7606 | 0,0214 | |
| 650 | 936,74970 | 8,9643 | 0,7391 | | |
| 675 | 945,7140 | 8,2252 | | | |
| 700 | 953,93920 | 7,5050 | 0,7024 | 0,0148 | 0,0019 |
| 725 | 961,4442 | 6,8016 | 0,6887 | 0,0129 | |
| 750 | 968,24583 | 6,1129 | 0,6756 | | |
| 775 | 974,3588 | 5,4271 | | | |
| 800 | 979,79590 | 4,7725 | 0,6550 | 0,0081 | 0,0014 |
| 825 | 984,5624 | 4,1176 | 0,6468 | 0,0068 | |
| 850 | 988,68600 | 3,4707 | 0,6401 | | |
| 875 | 992,1567 | 2,8307 | | | |
| 900 | 994,98741 | 2,1961 | 0,6304 | 0,0030 | 0,0012 |
| 925 | 997,1835 | 1,5657 | 0,6275 | 0,0018 | |
| 950 | 998,74922 | 0,9332 | 0,6257 | | |
| 975 | 999,6875 | 0,3126 | | | |
| 1000 | 1000,00000 | | | | |

Nach der S. R. ist nun

$$\text{Fläche } ABCDA = R = \frac{100}{6}\Big\{y_{500} + y_{1000} +$$

$$+ 4(y_{550} + y_{650} + y_{750} + y_{850} + y_{950}) + 2(y_{600} + y_{700} + y_{800} + y_{900})\Big\}$$

$$= \frac{100}{3} \cdot 14349{,}16895 = 478305{,}632.$$

Dies Resultat ist gegen $J$, wie oben gezeigt ist, um

$$\Delta = \frac{4}{45} h \, . \sum \Delta^4 y$$

zu gross; oder es muss, um einen richtigeren Werth für den Inhalt der gesuchten Fläche zu erhalten, da die vierten Differenzen in unserem Beispiele negativ sind, der absolute Werth des Fehlers jenem hinzugefügt werden. Nun ist

$$\Delta = \frac{4}{45} \cdot 100 \left| \begin{matrix} 0{,}00472 \\ 0{,}00278 \\ 0{,}00188 \\ 0{,}00137 \\ 0{,}00119 \end{matrix} \right| = \frac{0{,}9552}{9} = 0{,}1063,$$

danach würde die Fläche, richtiger als oben, auf 478305,738 angegeben werden können.

Zur Controle des Resultates kann die Fläche $ABCDA$ aus dem Sector $ACB$ und dem Dreieck $ADC$ berechnet werden. Der erstere ist $^1/_{12}$ des Kreisinhaltes, das letztere die Hälfte eines gleichseitigen Dreiecks, demnach

$$ABCDA = \frac{\pi r^2}{12} + \frac{r^2 \sqrt{3}}{8} = r^2 \Big\{\frac{3{,}14159265359}{12} + \frac{1{,}73205080757}{8}\Big\}$$

$$= 478305{,}72873 \ldots$$

4) Aufgabe. Es soll der Bogen des Erdmeridians, der von einem Punkte mit der geographischen Breite 50° bis zum Pol reicht, auf 7 Stellen genau berechnet werden.

Ist $\varrho$ der Krümmungsradius des Meridians für die geogr. Breite $\varphi$, so ist die Länge des Bogenelements $\varrho \, . \, d\varphi$, demnach jener Meridianbogen $\equiv B = \int_{50}^{90} \varrho \, . \, d\varphi$.

Nun ist $\varrho = \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{1-e^2 \, . \, \sin^2\varphi}^3}$, sonach

$$B = a(1-e^2) \int_{50^\circ}^{90^\circ} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-e^2 \, . \, \sin^2\varphi}^3},$$

wo $a$ die halbe grosse Erdaxe und $e$ die Excentricität der Meridianellipse bezeichnet.

Die nach der S. R. zu berechnende Grösse ist

$$J = \int_{\text{arc } 50^\circ}^{\text{arc } 90^\circ} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-e^2 \, . \, \sin^2\varphi}^3}.$$

*) Auch die Werthe der Ordinaten für die Zwischenglieder, wie $x = 525$, 575 u. s. f. sind auf 5 bezw. wie die anderen factisch auf 6 Bruchstellen berechnet und nur der besseren Uebersicht wegen in der Tabelle abgekürzt worden.

Wir nennen die unter dem Integralzeichen stehende Function von $\varphi$ wieder $y$ und bilden nun die Werthe von $y$ für $\varphi = 50^0, 60^0, 70^0, 80^0, 90^0$. Dabei ergieht sich, indem wir die Bessel'schen Dimensionen des Erdellipsoids

$$\lg e^2 = 7{,}8244104153 - 10$$

nehmen:

| für $\varphi =$ | $y$ | $\Delta^1 y$ + | $\Delta^2 y$ − | $\Delta^3 y$ − | $\Delta^4 y$ + |
|---|---|---|---|---|---|
| arc 50⁰ | 1,005903919 | 0,001652005 | 0,000301924 | 0,000165325 | 0,000056652 |
| „ 60⁰ | 1,007555924 | 0,001350081 | 0,000467252 | 0,000108676 | |
| „ 70⁰ | 1,008906005 | 0,000852829 | 0,000575928 | | |
| „ 80⁰ | 1,009758834 | 0,000336901 | | | |
| „ 90⁰ | 1,010095735 | | | | |

Nach der S. R. ist nun

$$R = \frac{h}{6}(y_0 + 4\,y_m + y_h)$$

$$= \frac{\text{arc }40^0}{6}(1{,}00590392 + 4\,.\,1{,}00890600 + 1{,}01009573)$$

$$= \frac{0{,}69813170}{6} \cdot 6{,}05162367 = 0{,}7041383.$$

Der Fehler:

$$\Delta = \frac{4\,h}{45}\Delta^4 y_0 = \frac{4}{45} \cdot \text{arc }40^0\,.\,0{,}000056652 = 0{,}0000035,$$

demnach

$$\text{das verbesserte } R' = R - \Delta = 0{,}7041348.$$

Hieraus berechnet sich dann der Meridianbogen

$$= a\,(1 - e^2)\,.\,R',$$

und indem man nach Bessel

$$\lg a\,(1 - e^2) = 6{,}8017351$$

setzt, schliesslich der Bogen

$$= 4460575{,}5^m.$$

Die in der Geodäsie üblichen Formeln liefern für denselben Bogen den Werth

$$= 4460575,\ldots^m. —$$

Wenn es nun auch im vorliegenden Beispiel wesentlich dem Umstande, dass die Excentricität der Erdellipse ein verhältnissmässig kleiner Bruch ist, beigemessen werden muss, dass durch einen einzigen Ansatz der S. R. der Bogen von 50⁰ his 90⁰ Breite his auf den angezeigten Grad von Genauigkeit berechnet werden konnte, so bleibt doch immer noch Verdienst genug für die S. R. übrig, welches ihre Anwendung in Fällen, wie dem vorliegenden, empfiehlt.

Dieses Verdienst der S. R. beruht aber darin, dass sie die Berechnung irgend eines bestimmten Integrals, sofern es sich um die Auswerthung desselben in gegebenen Zahlen handelt, von der Ermittelung des Werthes eines sogenannten „unbestimmten Integrals" unabhängig macht, und somit den Rechner der Schwierigkeiten überhebt, welche mit dieser Ermittelung nicht selten verbunden sind. Dieser Vortheil wird zum Theil wieder aufgewogen durch eine mühevollere Zahlenrechnung, welche bei Anwendung der S. R. nothwendig wird. Die mitgetheilten vollständigen Zahlenrechnungen in den beiden voraufgehenden Beispielen werden den Leser in den Stand setzen, diese Mühe gegen jene Schwierigkeiten nach individuellem Ermessen abzuschätzen.

## Räderkuppelung für Gebirgslocomotiven.

Von R. Vogel, Civil-Ingenieur in Bochum.

(Hierzu Tafel IV.)

Durch die vorliegende Constructinn werden die benachbarten Räder zweier beweglicher Locomotiv-Untergestelle in einer Weise gekuppelt, welche denselben, bei ungeschwächter Uebertragung der treibenden Kraft die radiele Einstellung in den gekrümmten Schienenweg gestattet. Es lässt sich auf diese Weise die Zahl der gekuppelten Treibachsen erheblich vermehren, und ist diese Kuppelung besonders für Gebirgslocomotiven berechnet, bei denen einestheils die starken Steigungen der Bahn möglichst viel Treibachsen erfordern, anderentheils ihre scharfen Krümmungen eine zu ausgedehnte Reihe parallel laufender Achsen verbieten.

Auf Taf. IV stellen die Fig. 1 und 2 das Arrangement in $1/_{25}$ der nat. Gr. auf einer Seite der Maschine dar, die Fig. 3 bis 6 zeigen die wesentlichsten Theile der Kuppelung im vergrösserten Massstabe von 1 : 10.

Zwei um den Zapfen $F$ drehbare Untergestelle führen fünf Achsen, von denen die hinteren $A$ und $B$ durch die Kuppelstange $z$, die vorderen $C$, $D$ und $E$ durch die Stangen $g$ und $h$ in der allgemein bekannten Weise verbunden sind. Der Kuppelungsübergang von einem Drehgestell zum anderen geschieht nun mittelst einer vierten Stange $n$, welche mit der Stange $h$ zugleich durch einen rechtwinklig gegen die Triebstange gerichteten, wagerechten Balancier $o$ scharnierartig verbunden ist, und der für den Angriff der Triebstange mit einer Kugelzapfenform ausgerüstet ist. Dieser Balancier wirkt, durch die Pleuelstange getrieben, als Doppelhebel auf die gesammte Kuppelung, und es befindet sich das Hebelverhältniss seiner Arme, behufs Erzielung von Gleichgewicht, im umgekehrten Verhältniss zu den durch sie zu bewegenden Massen. Es ist hier angenommen, dass sich die zur Bewegung der drei Vorderachsen erforderliche Kraft zu der für die Bewegung der beiden hinteren bedingten wie 3 : 2 verhalte, und ist dem entsprechend der Schenkel $ab = 120^{mm}$, der Schenkel $bd = 180^{mm}$ gemacht. Tritt nun die Maschine in die Schienencurve, so regulirt sich die Kuppelung zwischen $B$ und $C$ durch entsprechende Schwingungen des Balanciers $o$ um den Bolzen $a$ und Verlegung des Dampfkolbenspiels im Treibcylinder. Verlegt sich das Kolbenspiel um $6^{mm}$ aus der Mitte, so würde unter den angenommenen Verhältnissen der Bolzen $d$ einen Ausschlag von $15^{mm}$ erhalten, und so auf beiden Seiten der Maschine einer Differenz von $30^{mm}$ Rechnung getragen werden. Geführt wird die Kuppelstange $n$ durch den verlängerten Kuppelzapfen der Achse $B$, dessen aufgesetztes Metallstück $m$ sie mit glatten Flächen umgreift, um daran bei ihren Schwingungen um den Kugelzapfen der Achse $B$ gleiten zu können. Unvermeidliche Differenzen im Belastungsgewicht der Drehgestelle zu einander, werden durch die Reibung auf den Schienen für die Gleichgewichtslage des Balanciers $o$ unschädlich gemacht; auch gestattet die Verbindung des Balanciers mit den Kuppelstangen $h$ und $n$ kein erhebliches Schwingen der Stange $n$ aus der Horizontalen. Sollen nämlich die Achsen eines Drehgestelles gleiten, während die des anderen im Rollen begriffen sind, so müsste die Stange $n$ eine schräge Lage gegen die Horizontale einnehmen, und müsste der Balancier $o$ dabei nicht nur einer Torsion nachgeben, sondern auch gleichzeitig seine horizontale Lage verlassen. Beiden Tendenzen widersetzt sich jedoch seine Verbindung durch die verticalen Bolzen $a$ und $d$.

Als sehr wesentlich darf gewiss angesehen werden, dass dieser auf Hebelprincip basirte Ausgleich nicht nur den Differenzen Rechnung trägt, welche durch Schrägstellung der Achsen in der Kuppelung entstehen, sondern auch geeignet ist, sich daneben noch Abweichungen anzupassen, welche bei jeder Umdrehung zweier in schneidenden Ebenen schwingenden Kurbeln für die Kuppelung entstehen. Bekanntlich wächst bei convergirenden Achsen die Entfernung zwischen den Kurbelzapfen nach den todten Punkten, und nimmt von da bis zur Verticalstellung der Kurbeln wieder ab.

Zur Begrenzung der Abweichungen des Kolbenspieles aus seiner Mitte ist zu beiden Seiten des Metallstückes $m$ nur ein eng begrenzter Spielraum in der Stange $n$ gelassen. Für die Befestigung der Triebstange im Kreuzkopf scheint kein Kugelzapfen erforderlich, denn die seitlichen Abweichungen der Triebstange betragen bei einer Verlegung des Kolbenspieles um $6^{mm}$ unter den hier angenommenen Verhältnissen am Kugelzapfen, nur etwa $0{,}12^{mm}$, und kann der Ausgleich dieser Differenz sehr gut der Elasticität des Materials überlassen werden.

Die Steuerungsexcentriks hängen an der Achse $C$, welche wie die Dampfcylinder zum vorderen Untergestell gehört; es hat somit das radiale Einstellen beider Rahmen in die Schienencurve keinen veränderlichen Einfluss auf den Gang der Steuerung, nur der Treibkolben wird zeitweise im Dampfcylinder zwischen ungleichen schädlichen Räumen arbeiten.

# Technische Literatur.

## Bauwesen.

**Handbuch der Ingenieurwissenschaften** für Eisenbahn-, Strassenbau- und Wasserbau-Ingenieure. In drei Bänden. Unter Mitwirkung von Fachgenossen bearbeitet und herausgegeben von E. Heusinger v. Waldegg, Ober-Ingenieur in Hannover u. s. w., L. Franzius, Ober-Baudirector in Bremen und Ed. Sonne, Baurath in Darmstadt. Erster Band, Vorarbeiten, Erd-, Strassen- und Tunnelbau. Erste Hälfte. S. 1 bis 416. Tafel I bis XV und 72 Figuren in Holzschnitt. Leipzig, 1877. W. Engelmann. —

Als Ergänzung des Handbuches für specielle Eisenbahntechnik können die beiden ersten Bände des Handbuches der Ingenieurwissenschaften betrachtet werden. Die vorliegende erste Hälfte des I. Bandes bringt eine specielle Behandlung der Vorarbeiten, des Einflusses des Betriebes auf das Alignement, der Ausführung der Erd- und Felsarbeiten und der Bauleitung. Die einzelnen Specialitäten sind von hervorragenden Fachmännern bearbeitet worden, so dass das Handbuch dem angehenden Techniker zum Studium, dagegen dem erfahrenen Ingenieur stets noch als Rathgeber dienen kann. Weit ausführlicher, als wir es von einem Handbuche erwartet hätten, sind die generellen und speciellen Vorarbeiten behandelt, indem wir die einfachsten geometrischen Arbeiten so detaillirt erläutert vorfinden, dass sie in keinem Verhältniss zu den übrigen Disciplinen der drei folgenden Capitel mehr stehen.

M.-K.

---

**Die Bausteine der Schweiz.** Im Auftrage des schweizer. Ingenieur- und Architektenvereines zusammengestellt von Hans v. Muralt, Ingenieur. 57 S. (Preis 1,50 ℳ.) Zürich, 1878. Orell Füssli & Co. —

Die gelegentlich der Ausstellung von Baumaterialien, welche 1866 in Olten stattfand, begonnenen Untersuchungen der in der Schweiz selbst geförderten und vom Auslande bezogenen Bausteine sind inzwischen von dem Architektenund Ingenieurverein des Landes eifrig fortgesetzt worden, so dass für die Ausstellung in Paris ein, wenn auch nicht absolut vollständiges, doch weit umfassendes Bild dieses Baumaterials aufgestellt werden konnte.

Von den gesammelten Resultaten bringt die vorliegende Broschüre eine kurze Zusammenstellung und giebt von etwa 150 natürlichen und künstlichen Baumaterialien die Ergebnisse der Festigkeitsproben, das Gewicht derselben, ihre petrographische und geologische Classificirung, Lage des Steinbruches u. s. w. sowie deren Besitzer oder Pächter und endlich die Preise in besonderer Aufstellung. R. Z.

---

**Handbuch zum Abstecken von Curven** auf Eisenbahn- und Wegelinien. Für alle vorkommenden Winkel und Radien aufs Sorgfältigste berechnet und herausgegeben von G. H. A. Kröhnke, Civil-Ingenieur und königl. preuss. Baumeister. Neunte neu bearbeitete Auflage. Mit 1 Figurentafel. 164 S. Leipzig, 1878. B. G. Teubner. —

Das fast jedem Techniker vortheilhaft bekannte Büchlein zeigt diesmal einige Veränderungen gegen die frühere Auflage. Es ist nämlich Tabelle I, enthaltend die Werthe der Tangente, Bogenlänge u. s. w. für den Radius 10000 innerhalb 0 bis 120 Grad Centriwinkel, statt wie bisher von 2 zu 2 Minuten, nur für das decimale Intervall von 10 zu 10 Minuten aufgestellt worden. Die Werthe für zwischenliegende Winkel können allerdings, ohne einen für die Praxis nennenswerthen Genauigkeitsfehler zu begehen, sehr leicht nach Proportion berechnet werden. Ohne dass das Büchlein nun an seiner bekannten Handlichkeit Schaden leiden musste, ist einem Mangel dadurch abgeholfen worden, dass Tabelle II jetzt eine derartige Fülle von Radien enthält, für welche die Ordinaten berechnet sind, dass man schwerlich in Verlegenheit kommen kann, sich dieselben für irgend einen in der Praxis vorkommenden Radius selbst berechnen zu müssen.

Neu hinzugefügt hat der Verfasser eine Tabelle III, welche die Werthe des Centriwinkels bis auf Hundertstel Secunden genau für die Bogenlängen 1 bis 9 aller in Tabelle II vorkommenden Radien angiebt, so dass man bei Schwierigkeiten zur Benutzung der Haupttangente gleichweit entfernte Bogenpunkte abstecken kann und alle Zahlenwerthe hat, um mittelst eingelegter Sehnen alle Bogenpunkte abzustecken.

In einem kurzen Nachtrag wird endlich das Verfahren angegeben, Uebergangscurven, als welche die kubische Parabel gebräuchlich, auf eine einfache dem praktischen Bedürfnisse genügende Genauigkeit zwischen gerade Linie und Kreisbogen einzulegen. M.-K.

---

**Die Schule des Zimmermannes.** Praktisches Hand- und Hilfsbuch für Architekten und Bauhandwerker, sowie für Bau- und Gewerbeschule. I. Theil. Hochbauten. Bearbeitet von weil. Baurath B. Harres in Darmstadt. Neu herausgegeben von dessem Sohne Ed. Harres, Architekt. Sechste verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 322 Holzschn. 226 S. (Preis 3,50 ℳ.) Leipzig 1878. Otto Spamer. —

Das Werk, Bauconstructionslehre der Zimmerarbeiten, erfreut sich bereits allseitiger Anerkennung in Fachkreisen; es liegt in seiner sechsten Auflage vor. Dieser Umstand spricht in erster Linie, und mehr als einzelne Hinweisungen es vermögen, für die Güte und Branchbarkeit der Arbeit des bekannten Verfassers. Wir können nur wiederholen, was wir bei früheren Arbeiten desselben bereits auszusprechen Gelegenheit nahmen, dass es gelungen ist, in klarer Darstellung, begleitet von vorzüglichen Holzschnitten, dem studirenden Bauhandwerker, insonderheit dem Zimmermanne, ein treffliches Lehr- und Nachschlagebuch an die Hand zu geben. Wir bedauern nur, dass den combinirten Constructionen in Holz und Eisen nicht mehr Raum gestattet, als dies geschehen; es hätte vielleicht auf Kosten der complicirten Hängewerke nur in Holz erfolgen können, die nun einmal nach unseren jetzigen Mitteln der Technik auf den Aussterbeetat gesetzt sind.

Dm.

---

**Das Stadthaus und die Villa.** Entwürfe von Carl Weichardt, Architekt in Weimar. Zweiter Theil. 20 Tafeln und Text. Weimar 1878. Bernh. Friedr. Voigt.

Wir hatten bereits Gelegenheit im Juniheft d. Z., S. 284, der 30 Tafeln des ersten Theiles zu gedenken. Das mittlerweile erschienene zweite Heft bringt in 20 Tafeln die Entwürfe einer Reihe von Villen. Die gebotene Auswahl in Composition und Styl bietet eine grosse Mannigfaltigkeit und beweist das Streben des Autors, den verschiedensten Anforderungen gerecht zu werden. Nach dieser Richtung verdient die Novität jedenfalls freundliche Aufnahme. Dm.

---

## Eisenbahnwesen.

**Handbuch für specielle Eisenbahntechnik,** unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von E. Heusinger v. Waldegg, Ober-Ingenieur in Hannover u. s. w. Fünfter Band; Bau und Betrieb der Secundär- und Tertiärbahnen. 1. Hälfte. S. 1 bis 320 und Tafel I bis XVI. Leipzig, 1877. W. Engelmann. —

Nachdem die vier ersten Bände des obigen Handbuches in rascher Verbreitung wiederholte Auflagen erlebt, liefert uns der Herausgeber im fünften Bande eine ausführlichere Beschreibung der verschiedenen bis jetzt ausgeführten Transportsysteme, welche auf Nebenlinien, in der Ebene sowol als im Gebirge, in den Städten im Niveau, auch unter und über den Strassen, nicht nur für Personenverkehr, sondern auch für den Transport aller möglichen Güter in Anwendung kommen können. Die Vor- und Nachtheile der verschiedenen Constructionen sind kritisch beleuchtet und nehmen daher das Interesse aller derjenigen in Anspruch, welche sich mit der Verbesserung unserer Communicationswege befassen. In der vorliegenden ersten Hälfte sind nun, nach einer die Grundzüge für die Gestaltung der secundären Eisenbahnen besprechenden Einleitung, die Herstellung der normal- und schmalspurigen Secundärbahnen mit Locomotivbetrieb, der Förderbahnen für Bergwerke u. s. w. und der Strassenbahnen (Tramways) unter Anführung ausgeführter Beispiele ebenso ausführlich und lehrreich behandelt, als wir es nach der trefflichen Bearbeitung des längst vortheilhaft bekannten Handbuches für specielle Eisenbahntechnik nur erwarten konnten.

M.-K.

**Strasseneisenbahnen,** deren Geschichte, Bau- und Betriebseinrichtungen, Art der Gleisanlagen und Benutzung des Dampfes als Zugkraft. Von Theodor Lutz, Ingenieur. 3 Blatt Zeichnungen und 60 S. (Preis 2 ℳ.) Zürich, 1878. Cäsar Schmidt. —

Von dem ziemlich überall anerkannten Grundsatze ausgehend, dass die Hauptverbindungslinien der grösseren Städte und die Hauptverkehrswege im Grossen und Ganzen als Eisenbahnen normaler Einrichtung ausgebaut sind, und das Augenmerk jetzt auf Bahnen von einfacherer Bauart und Betrieb zu lenken ist, unternimmt es der Verfasser, über die einfachste Art dieser Bahnen das Wissenswertheste zusammenzustellen und das seiner Ansicht nach Vortheilhafteste zu bezeichnen und hervorzuheben.

Eine Geschichte der Strassen überhaupt und der Strassenbahnen insbesondere bildet die Einleitung dieser Mittheilungen, nach welcher, durch Holzschnitte erläutert, die verschiedenen Gleissysteme besprochen werden. Zu den vorhandenen hat der Verfasser selber ein neues construirt, allerdings ein etwas complicirtes Profil, aber wegen des breiten Fusses, der die Pflastersteine trägt, manchen Vortheil bietend. Es wird sodann die Benutzung des Dampfes besprochen und hierbei die Strassenlocomotiven der Schweizerischen Locomotivfabrik in Winterthur als die zweckentsprechendste genauer mit Massangaben beschrieben, auch durch eine Abbildung erläutert. Kostenberechnungen für eine grössere Anzahl besonderer Fälle zeigen die Vortheile des Dampfbetriebes dem Betriebe mittelst Pferden gegenüber, und sollen den Beweis liefern, dass zur Erbauung solcher Bahnen keine Actiengesellschaften nöthig sind, sondern diese sehr gut von den betheiligten Provinzen und Kreisen ausgeführt werden können. R. Z

## Dampfmaschinen.

**Statistik der Locomotiven, Dampfkessel und Dampfmaschinen der Schweiz** 1877. Von Roman Abt. Mit 1 lithogr. Tafel. 54 S. (Preis 2 ℳ.) Zürich, 1878. Orell Füssli & Co. —

Der Inhalt dieser für die Ausstellung in Paris veranstalteten Zusammenstellung dürfte aus dem Titel hervorgehen. Zu erwähnen ist nur die eingehende Reichhaltigkeit der grösseren Tabellen und Zusammenstellungen, welche die Hauptabmessungen und Gewichte so ziemlich aller in der Schweiz in Betrieb stehenden Dampfmaschinen bringen. R. Z.

## Kraftmaschinen.

**Die Motoren für das Kleingewerbe.** Von Alfred Musil, Maschinen-Ingenieur der Hüttenberger Eisenwerks-Gesellschaft in Klagenfurt. Mit 4 Tafeln und in den Text eingedruckten Holzstichen. 120 S. (Preis 4 ℳ.) Braunschweig, 1878. Fr. Vieweg & Sohn. —

Die Literatur über die neueren Motoren für das Kleingewerbe beginnt der Bedeutung des Gegenstandes angemessene werthvollere Arbeiten aufzuweisen. Während wir bei der im vorigen Jahre besprochenen Peter Hell'schen Broschüre noch die Oberflächlichkeit des Urteils angreifen mussten, finden wir in dem vorliegenden Werke bereits eine hübsch geordnete Zusammenstellung der wichtigsten Kleinmotoren.

In allgemein verständlicher Weise beschreibt der Verfasser die verschiedenen Wassermotoren, Petroleummotoren, Heissluft- und Gasmotoren, geht auf deren Vorzüge und Nachtheile ein und giebt manchen beachtenswerthen Wink in Bezug auf Aufstellung und Instandhaltung der Motoren. Besonders ausführlich und, wie es scheint mit grosser Vorliebe, ist das Capitel von den Wassermotoren behandelt. Hier stehen dem Verfasser nicht unbedeutende Erfahrungen zu Gebote, während allem Anschein nach bei den übrigen Abschnitten solche specielle Erfahrung mangelt.

Zu den Wassermotoren sei uns übrigens die Bemerkung gestattet, dass aus dem letzten Jahresbericht des Wasserwerkes in Zürich hervorgeht, dass trotz des bedeutenden Vorschubes, den man der Aufstellung von Wassermotoren durch Gewährung billigen Wasserpreises gewährt, dort in Summa erst sechs Motoren arbeiten. Die Ermittelung des verbrauchten Wasserquantums findet statt, indem man das theoretisch aus der Hubzahl ermittelte Wasserquantum zu Grunde legt. In der That aber hat sich der wirkliche Verbrauch durch Undichtigkeit des Kolbens u. s. w. auf 10 pCt. mehr gestellt.

Bei dem Capitel der Heissluftmotoren behandelt der Verfasser die offenen Motoren von Hock, Holdorff und Brückner, und die geschlossenen von Lehmann, Stenberg und Rider. Die Zeichnung zur Lehmann'schen Maschine ist jedenfalls einer älteren Zeitschrift entnommen, da dieselbe noch die ersten Anfänge dieser unterdessen wesentlich geänderten Maschine darstellt. Bei der Stenberg'schen Maschine läuft dem Verfasser der Irrthum unter, deren Mittelspannung höher als die der Lehmann'schen Maschine anzugehen, während nur die Anfangsspannung höher, die Mittelspannung dagegen geringer ist. Aus der verdienstvollen Arbeit des Dr. Slaby entnehmen wir, dass die Mittelspannung bei Versuchen an Lehmann'schen Maschinen 0,516 bis 0,712 betrug, während dieselbe bei der Stenberg'schen Maschine nur eine Höhe von 0,466 erreichte. Gleiches wurde bei Gelegenheit der Kraftmaschinen-Ausstellung in Erfurt durch die Jury festgestellt. Die Rider'sche Luftmaschine beurteilt der Verfasser vollständig falsch. Es würde zu weit führen, hier nachzuweisen, worin deren Schwächen in der Praxis sich ergeben haben. Eine aufmerksame Betrachtung der Relativbewegung beider Kolben ergiebt aber schon, dass in einzelnen Stellungen wirksame Arbeit durch das Kühlwasser unnütz vernichtet wird, und es darf daher die Rider'sche Maschine als rationell nicht beurteilt werden.

Bei dem Capitel Gaskraftmaschinen werden die Langen-Otto'sche atmosphärische Maschine sowie die Maschine Gilles eingehend behandelt, während der grosse Werth und die epochemachende Bedeutung des Otto'schen Motors nicht genügend hervorgehoben werden.

Im Allgemeinen können wir dem Verfasser die Anerkennung nicht versagen, dass er sich bemüht hat, in völliger Parteilosigkeit ein selbständiges Urteil über den Werth der einzelnen Motoren abzugeben, und wir sind überzeugt, dass der Verfasser bei weiteren Auflagen, die wir seinem Werke wünschen, den angedeuteten Mängeln abhelfen wird. E.

**Beiträge zur Theorie der geschlossenen Luftmaschinen.** Von Dr. Slaby. Sonderabdruck aus den „Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleisses". Berlin, 1879. Leonhard Simion. —

Diese Arbeit ist von bedeutendem Werth und hervorragend auf dem Gebiet der Literatur über Kleinmotoren. Der Verfasser vereinigt eine gründliche Sachkenntniss mit einer scharfen Auffassungsgabe, und dürfte seine Theorie der geschlossenen Luftmaschinen schon aus dem Grunde von grosser Bedeutung sein, weil wir durch dieselbe im Stande sind, für jeden solchen Motor das Arbeitsdiagramm vorher zu construiren. Es ist geradezu überraschend, mit welcher Schärfe die so construirten Diagramme mit den den Maschinen entnommenen zusammenfallen. Es hat diese Methode für den Constructeur deswegen einen nicht zu unterschätzenden Werth, weil er jede Abänderung in der Steuerung direct auf die hierdurch zu erreichende Erhöhung des Arbeitseffectes untersuchen kann. Dr. Slaby begleitet seine Arbeit mit guten brauchbaren Zeichnungen und mit mehreren Tabellen, enthaltend Versuchsreihen an geschlossenen Luftmaschinen. Wir können ihm nur Glück zu dem betretenen Wege wünschen und hoffen, dass er auch weiter fördernd auf dem wichtigen Gebiet der Kleinmotoren eingreifen wird. E.

## Verschiedenes.

**Patentgesetzgebung.** Sammlung der wichtigeren Patentgesetze, Ausführungsvorschriften, Verordnungen u. s. w., welche gegenwärtig in Geltung stehen. Herausgegeben von Dr. Carl Gareis, Prof. an der Universität Giessen. I. Theil. 371 S. kl. 8. (Preis 5 ℳ.) Berlin, 1879. Carl Heymann. —

Die von dem officiellen deutschen Patentblatt zuerst gebrachten, aber in einzelnen Nummern desselben verstreuten genauen deutschen Uebersetzungen des vollständigen Wortlautes der verschiedenen Patentgesetze, Verordnungen u. s. w. sind hier in einem höchst sauber ausgestatteten Büchelchen zum bequemen Nachlesen vereinigt. Der erste uns vorliegende Theil behandelt die Gesetze in Oesterreich-Ungarn, Belgien,

Frankreich, Grossbritannien, Schweden, Dänemark, Italien und Luxemburg.

Dass das Buch für Patentsuchende wie für Patentinhaber recht nützlich ist, liegt auf der Hand, sehr angenehm wäre indessen ein, wenn auch allgemein gehaltenes Sachregister zum schnelleren Auffinden einzelner Bestimmungen. R. Z.

**Der Landwirth als Ingenieur.** Praktische Darstellung des Feldmessens, Höhenmessens, Nivellirens, Situationszeichnens, der Entwässerung, Bewässerung, Urbarmachung und Cultivirung des Waldbodens, Weidebodens, steilen Bodens, Sandbodens, Haidebodens, Moor- und Torfbodens von Ferdinand Machts, Wirthschaftsrath u. s. w. Mit 69 Abbildungen. 112 S. (Preis 2,25 *M.*) Wien, Pest und Leipzig, 1878. A. Hartleben. —

Der Titel des vorliegenden Buches verspricht so viele Anleitungen zu wichtigen Aufgaben aus dem Gebiete des Feldmessens und des Meliorationswesens, dass man erstaunt ist, wie es der Verfasser möglich machen will, alle oben aufgeführten Arbeiten mit genügender Ausführlichkeit auf nur 109 gross gedruckten Seiten zu besprechen.

Feldmessen und Höhenmessen nehmen 47 Seiten in Anspruch und sind für die meisten Zwecke des Landwirthes, soweit er sich nur der rohesten Instrumente bedienen will, genügend eingehend behandelt. Das so wichtige Nivelliren wird jedoch auf nur 8 Seiten behandelt; der Verfasser ist der Ansicht, dass eine Setzwaage für landwirthschaftliche Nivellements vollständig ausreiche, und bespricht deswegen ausser dieser und einem ziemlich unbrauchbaren Lothnivellir- und Höhenmessinstrumente gar keine Vorrichtung zu Nivellements. Da man in der Landwirthschaft, z. B. bei Anlegung von Entwässerungsgräben, mit sehr geringem Gefälle ziemlich genaue Nivellements nöthig hat, so reicht die Setzwaage mit ihren vielen Fehlerquellen bei weitem nicht aus, und die ganze Anweisung zum Nivelliren ist deswegen fast ganz werthlos.

Die Entwässerung wird auf 12 Seiten, die Bewässerung, d. h. der ganze Wiesenbau, auf $2^1/_2$ Seiten und ohne jegliche Abbildung besprochen und ist fast nur eine Aufzählung der verschiedenen Wiesenbausysteme.

Die verschiedenen Arten der Urbarmachung sind fast rein landwirthschaftlicher Natur und wären wol besser weggeblieben, um den so gewonnenen Raum für die mehr technischen Meliorationen zu verwenden.

Da es sowol über das Feldmessen für Landwirthe wie über alle im Titel aufgeführten Meliorationen sehr gute Abhandlungen giebt, so ist das vorliegende seinem Titel nur etwa für das Feldmessen entsprechende Buch ziemlich nutzlos für den Landwirth, und für den Ingenieur nur in soweit von Interesse, als er darin eine gedrängte Uebersicht über die verschiedenen Arten der Urbarmachung findet. W.

**Die deutschen Reichsmünzen und ihre Falsificate.** Ein Wegweiser für Jedermann zum Schutz gegen Verluste von E. Bork, königl. Münzwardein zu Frankfurt a/M. 24 S. und 3 Tabellen. (Preis 1 *M.*) Frankfurt a/M., 1879. F. Boselli. —

Nach einer kurzen Einleitung über die Einführung der neuen Reichswährung, von der man durch die beigegebenen Tabellen über die eingezogenen alten und ausgeprägten neuen Münzen ein äusserst anschauliches Bild erhält, geht der Verfasser zu einer genauen Beschreibung der gesetzlichen Münzen über, führt ihre Kennzeichen und dabei die Jahre ihrer Ausprägung an. Dann folgen Mittheilungen über häufiger vorkommende Nachbildungen, ihre Erkennungszeichen, die Mittel zur Prüfung echter Gold- und Silberstücke wie auch über die den echten Münzen zuweilen anhaftenden Fehler, welche diese nicht selten haben als falsche ansehen lassen.

Das Schriftchen enthält so viel nützliche Winke, dass wir seine Anschaffung jedem, der sich vor Schaden bewahren will, nur dringend empfehlen können. R. Z.

**Kalender für Eisenbahntechniker,** bearbeitet unter Mitwirkung von Fachgenossen durch E. Heusinger v. Waldegg. Sechster Jahrgang 1879, nebst einer Beilage, einer Eisenbahnkarte in 2 Blättern, einer Specialkarte von Norddeutschland und 45 Holzschnitten. Wiesbaden. J. F. Bergmann. —

Bezugnehmend auf unsere Besprechung Bd. XXI, S. 574 d. Z. und eine Berichtigung in No. 9 1878 d. W. bemerken wir zu der unter XII. „Brücken“ gegebenen Belastungslocomotiven, dass wir diese letztere nicht eine „abnorm schwere“, sondern einfach eine „abnorme (abnorm gestaltete)“ nannten und es deutlich aussprachen, dass für Spannweiten von 12 bis $15^m$ und für solche unter $8^m$, also auch für alle Fahrbahnen, die von uns vorgeschlagenen dreiachsigen Tenderlocomotiven eine höhere Beanspruchung der Constructionen ergeben. Wir übersahen dabei nicht die Angaben für gleichmässig vertheilte Belastungen, welche wir jedoch nur für selbständige Angaben und nicht als Ersatz der concentrirten oder directen Locomotivbelastung ansehen können und dies am wenigsten für kleine Spannweiten. Nach unserer Auffassung können in einem solchen Kalender nur Belastungseinheiten für normalspurige Hauptbahnen mit durchgehendem Verkehr Aufnahme finden, und bei diesen dürfte es doch zum mindesten bedenklich erscheinen, dass deren Grösse noch von persönlichen Ansichten abhängig ist. Bei Bahnen niederen Ranges oder Gebirgsbahnen wird je das eigenartige rollende Material in seinem Gewichte mit einem Zuschlage für Stösse die Belastungseinheit ergeben.

Indem wir unsere letztjährige Besprechung in allen Punkten aufrecht erhalten, gehen wir noch kurz eine Uebersicht über die Aenderungen des Inhaltes.

Die Abschnitte „Erdbau“ und „Fundationen“ sind erweitert, besonders der letztere durch eine Tabelle der bei Veranschlagungen von Mauerarbeiten anzuwendenden Materialmengen. Der Abschnitt „Dampfkesselanlagen“ blieb ganz weg, unter „Erd- und Böschungsarbeiten“ sind an Stelle der Maassstäbe zur Bestimmung von Profilen der Dämme und Einschnitte fertig berechnete Tabellen der Cubikinhalte getreten, bei „Durchlässe, Brücken und Viaducte“ wurden die etwas speciellen Bestimmungen A und B durch Kostenberechnungen ersetzt, „Eiserne Dächer“ sind durch das „Bogendach“ erweitert. Ganz entfernt wurden „Normalpreise für kleine Reparaturen an fremden Wagen“ und die Abschnitte XXXIII und XXXIV des alten Kalenders. An die Stelle treten „Normalbestimmung für die Belastung der Züge“ und eine Specialkarte von Norddeutschland.

Die Beilage ist durch drei Abschnitte „Hüttenwerke für eiserne Schwellen“, für Telegraphendraht und Fabriken von wasserdichten Decken erweitert.

Der so vielseitig verbesserte und vermehrte Inhalt wird auch in diesem Jahre dem Kalender eine gute Aufnahme sichern, so dass er einer besonderen Empfehlung kaum bedarf. C. Sch.

**Eisenbahnkalender für Oesterreich-Ungarn.** 1879. II. Jahrgang. Selbstverlag. (Commission bei Lehmann & Wentzel in Wien.) —

Gegenüber dem Heusinger'schen Kalender scheint das hier angeführte Werkchen mehr die Bedürfnisse des Eisenbahn-Verwaltungsbeamten zu berücksichtigen, so dass es neben dem ersteren sehr wohl benutzt werden kann.

Herausgegeben von Ferd. Mannlicher, Ingenieur der Kaiser Ferdinand Nordbahn; Dr. Jos. Nilius, Secretär derselben; Sigism. Weill, Büreauvorstand der Oestr. Nordwestbahn und Moritz Westermayer, Inspector der Ersten, ung.-galiz. Eisenbahn bringt es auf 228 Seiten einen sehr ausführlichen Zeit- und Festkalender, viele statistische Daten, brauchbare Angaben und Tabellen über Bevölkerungs-, Verkehrs-, Transport-, Finanz-, Post-, Telegraphen- und allgemeine Eisenbahnverhältnisse, in erster Linie für Oesterreich-Ungarn, jedoch auch für Deutschland brauchbar, dann ein Tage- und Notizbuch. Den reichen Inhalt im Einzelnen durchzusprechen würde zu viel Raum erfordern. Indem wir diesen Kalender angelegentlichst empfehlen, sehen wir über die weniger elegante Ausstattung hinweg, welche bei dem wohlthätigen Zweck der Arbeit (der Ertrag fliesst dem Fond zur Unterstützung dienstuntauglich gewordener, nicht pensionsfähiger Eisenbahnbediensteten bezw. deren Wittwen und Waisen zu) sogar gerechtfertigt erscheint. C. Sch.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# E. A. Wiman:

## Heizanlage im neuen Zellengefängniss auf dem Långholm zu Stockholm.

Kessel- u. Warmluft-Apparate.

Fig 1 Grundriss

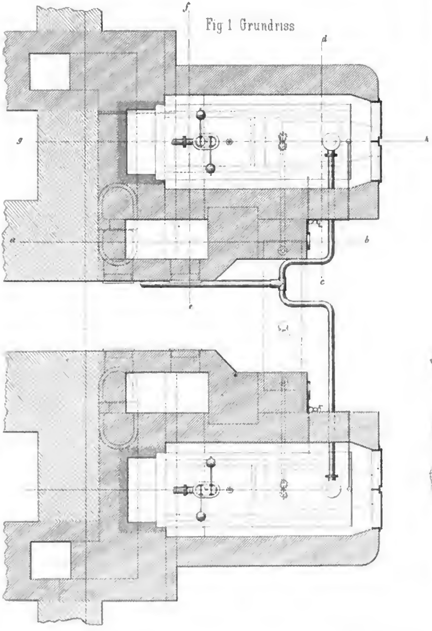


Fig 2 Schnitt nach c

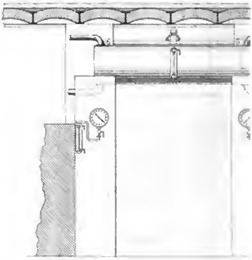
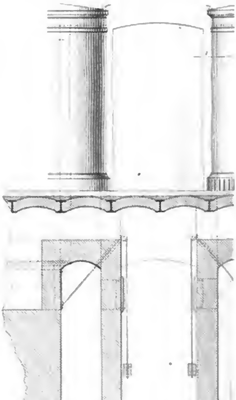


Fig 3 Schnitt nach e



Mafsstab



d (Fig 1)

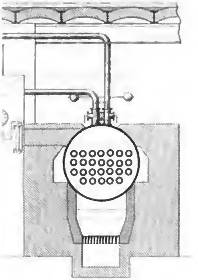
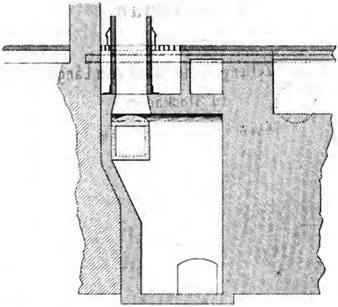


Fig 4. Schnitt nach a.b. (Fig 1.)



f (Fig. 1.)

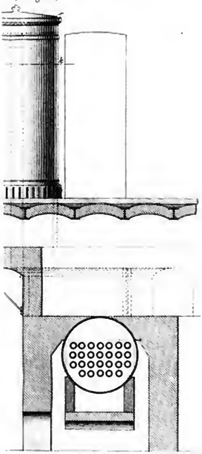


Fig 6. Schnitt nach i k. (Fig. 3 u. 4)

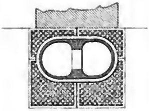
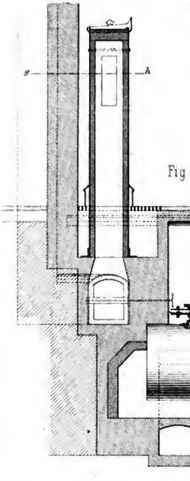
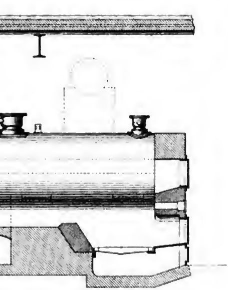


Fig 5. Schnitt nach g h. (Fig 1.)

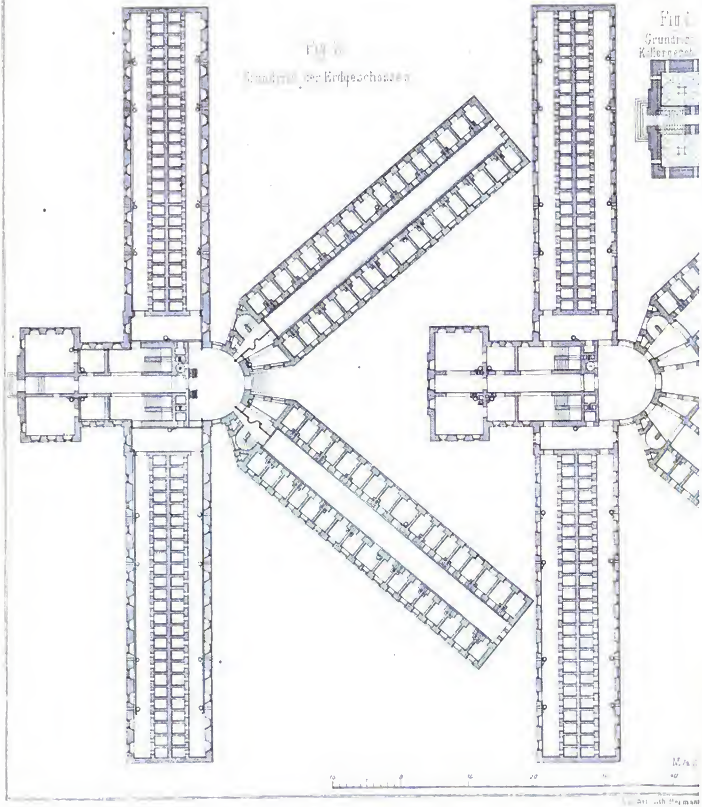


1:50

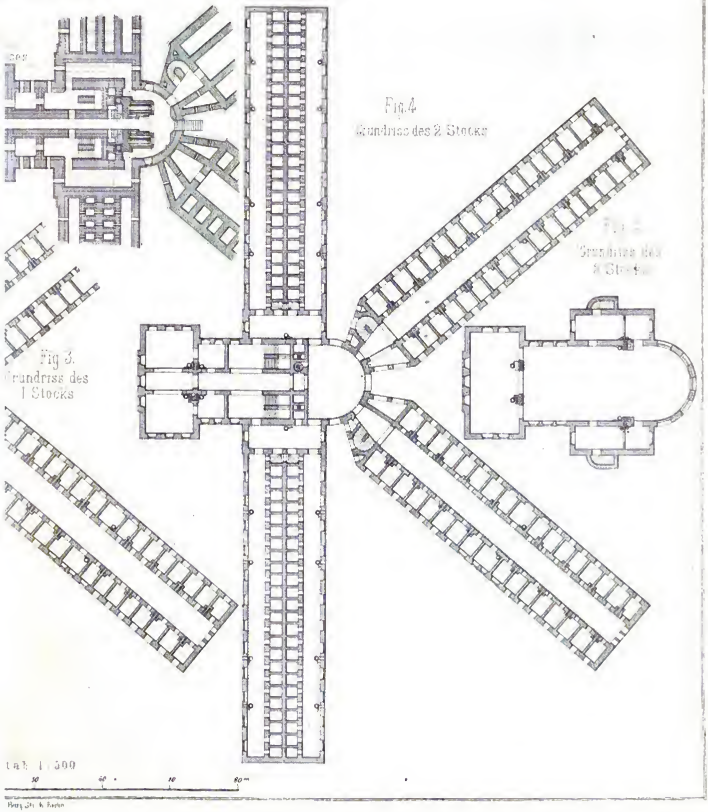
**E. A. Wiman:** Heizungsanlage im neuen Ze

Grundrisse (



## llengefängniss auf dem Långholm zu Stockholm

les Gebäudes.



# ZEITSCHRIFT

DES

# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

1879. Band XXIII. Heft 3. Märzheft.

## Abhandlungen.

### Heizungsanlage im neuen Zellengefängniss auf dem Långholm zu Stockholm.

Von **E. A. Wiman,** Civil-Ingenieur in Stockholm.

(Hierzu Tafel VI und Blatt 7 und 8.)

Die zu dem neuen Zellengefängniss auf dem Långholm in Stockholm gehörigen Gebäude werden durch Dampfheizung erwärmt, deren beide Kessel, wie Fig. 1, Blatt 7, zeigt, in der Mitte des Gebäudes im Kellergeschoss aufgestellt sind. Ihre Construction geht aus den Zeichnungen auf Blatt 8 hervor, und ist die Einrichtung so getroffen, dass der ganze Heizapparat, dem jedesmaligen Bedürfniss entsprechend, entweder durch einen oder beide Kessel zusammen bedient werden kann.

Von den Absperrventilen der Dampfkessel aus geht ein Rohr von 75mm lichter Weite bis zur Decke des oberen Stockwerkes und theilt sich dort in engere Rohre von 50 bis 37mm, welche den Dampf in die verschiedenen Räume leiten, um sich dort je nach der zu liefernden Dampfmenge in noch engere Leitungen zu verzweigen. Von dem oberen Ende des Hauptrohrs aus sind alle einzelnen Leitungen mit Gefälle angeordnet, um in gleicher Richtung wie der Dampf auch das Condensationswasser führen zu können und dadurch Verstopfungen und Schläge in den Rohren zu verhüten, wie sie sonst bei Dampfheizungen nicht selten vorkommen. Gerade auf diese Verhältnisse war im vorliegenden Falle ein Hauptaugenmerk zu richten.

Das Wasser, welches sich in den Heizapparaten der einzelnen Räume und den Rohrleitungen bildet, gelangt in das Kellergeschoss zurück und sammelt sich dort in einem fest verschlossenen Reservoir, welches über den Kesseln angeordnet ist, Fig. 2 und 5, Blatt 8. Aus diesen wird es dann mittelst Dampfdruck in die Kessel zurückgeschafft. Auf diese Weise ist der Verlust an Wasser ein nur geringer und höchst selten eine Speisung des Kessels mit neuem Wasser erforderlich.

Die Verbrennungsproducte der Kessel ziehen, bevor sie in den Schornstein gelangen, durch zwei Caloriferen, die in dem, durch alle Stockwerke reichenden Mittelflur aufgestellt sind. Fig. 3 bis 6, Blatt 8, geben die Zeichnung dieser Apparate. Dieselben sind aus ganz schwachem feuerfestem Ziegelmauerwerk hergestellt und mit Blechmantel versehen. An dem unteren Ende eines jeden mündet ein weiter Canal, welcher die frische Luft von aussen zuführt. Letztere wird an dem unteren Theile der Calorifere und den anliegenden Kesselzügen erwärmt und tritt durch gusseiserne Roste im Fussboden des grossen Mittelflurs aus, welchen sie ebenso wie die nächstgelegenen Räumlichkeiten in wirksamer Weise ventilirt.

Für die Erwärmung in den Verwaltungs-, Dienst- und Wachträumen sowie in den Corridoren der Schlafzellen sind die in Fig. 1 bis 4, Taf. VI, dargestellten, sogenannten Dampf-Kachelöfen nach dem Patent des Verfassers benutzt, in der Kirche und den Schulzimmern einfache Blechöfen, Fig. 5 bis 7, und in den Tagzellen verticale Gusseisenrohre, welche in Nischen der Wände eingebaut sind, wie Fig. 10 bis 13 derselben Tafel zeigen.

Ein Nachtheil, welcher im Allgemeinen der Dampfheizung in der einfachen älteren Ausführung anhaftet, ist die Unmöglichkeit, eine constante Temperatur in den zu heizenden Räumlichkeiten zu erhalten. Ein plötzliches Steigen der Temperatur bei dem Eintritt des Dampfes in die Heizkörper und eine ebenso schnelle Unterbrechung in der Wärmeabgabe bei Abschluss des Dampfes waren die dem System der Dampfheizung eigenthümlichen Kennzeichen. Häufig ist dieses Verhalten gerade erwünscht, in vielen anderen Fällen aber ist es als ein Uebelstand anzusehen.

Der Zweck der in der vorliegenden Anlage verwendeten Dampf-Kachelöfen besteht darin, die Wärme in ihrer Masse aufzuspeichern und sie nach und nach an das Zimmer abzugeben, wie dies eben ein gewöhnlicher Kachelofen auch thut. Dazu sind die Flächen der Dampfapparate mit Kacheln bekleidet, welche wie gewöhnlich mit Steinen und Lehm ausgefüllt werden und in ihrer Zusammenstellung eine Cylinderfläche geben.

Auf die Vortheile einer Verwendung von festem Material an Stelle des Wassers zur Aufspeicherung der Wärme, wie letzteres zuweilen geschieht, habe ich schon mehrfach hingewiesen. Sie bestehen hauptsächlich in der Art und Weise selbst, wie ein fester Körper die Wärme aufsammelt und wieder abgiebt, welche der wärmenden Fläche gestattet, noch mehrere Stunden nach Abschluss des Dampfes eine beinahe constante Temperatur zu bewahren, während die Wände eines Wasserbehälters bald, nachdem der Dampf auf das Wasser zu wirken aufgehört hat, sich abzukühlen anfangen. Infolge der grösseren Beweglichkeit der Wassermolecüle hat eine horizontale Schicht eines erwärmten Wasserkörpers überall die gleiche Temperatur, während in einer Masse von Mauerwerk, welche von innen her Wärme empfängt, die Temperatur nach aussen hin allmälig abnimmt, so dass die Aussenfläche nach und nach die von der Innenfläche aufgenommene Wärme erhält. Zu diesem principiellen Vortheile gesellen sich noch einige mehr praktische. Der feste Körper verdunstet nicht wie das Wasser und braucht daher keinen fortwährenden Ersatz; auch ist nicht zu befürchten, dass er infolge der Ausdehnungen und Zusammenziehungen durch Temperaturschwankungen auseinander geht wie die Wasserapparate, die dagegen durch besondere Vorsichtsmassregeln geschützt werden müssen.

Bei der für das zu heizende Gebäude zu Grunde gelegten Anordnung sind die kleinen Schlafzellen auf allen Seiten von geheizten Corridoren umgeben, so dass für sie keine besonderen Heizkörper erforderlich scheinen. Unbewohnt haben sie die Temperatur der Corridore, sind sie belegt, so kommt zu dieser noch die von dem Bewohner selbst entwickelte Wärme hinzu, und ist es dann Aufgabe der Ventilationsapparate, die Temperatur in normalen Grenzen zu halten. Die frische und warme Luft der Corridore tritt durch eine Oeffnung in der Thür der Zelle ein, während die zu warme und verdorbene durch Oeffnungen unter der Decke zu den Ventilationsschornsteinen geführt wird.

Die Heizröhren für die Tagzellen sind, wie aus Fig. 10 bis 13, Taf. VII, zu ersehen, in Schachten in der Wand angeordnet, welche, wenn auch unvollkommen, den gleichen Dienst verrichten sollen wie die Kachelumhüllung der Oefen. Die Leitungsröhren sind den Gefangenen unzugängig und, um jede Mittheilung des Tones durch dieselben zu verhindern, da, wo sie durch den Fussboden gehen, mit einer Filzumhüllung bekleidet. Es bildet sich nun in dem Schacht um jedes Heizrohr eine Lufteirculation, indem die Luft der Zelle durch eine Oeffnung unmittelbar über dem Fussboden in den Canal und durch eine Oeffnung dicht unter der Decke wieder in die Zelle tritt. Hierdurch wird die Erwärmung der Zelle bewirkt. Ausserdem tritt von dem Corridor aus eine kleine Menge frischer Luft unten in den Schacht, während eine entsprechende Menge verdorbener Luft durch den in der Zelle festen Stuhl des Gefangenen von den Evacuationsschornsteinen abgesaugt wird.

Ausser der frischen Luft, welche, wie oben angeführt, in die Caloriferen des grossen Mittelflurs eingeführt wird, tritt solche auch noch in einen Theil der in den Corridoren der Gebäudeflügel aufgestellten Dampfkachelöfen. Die hierzu bestimmte Anordnung dieser letzteren ist in Fig. 1 und 2, Taf. VII, dargestellt, sowie ihre Aufstellung in den geraden Flügeln des Hauses in Fig. 3, Blatt 7, angedeutet.

Die in Fig. 5 bis 9 gezeichneten einfachen Dampföfen und Schamottöfen dienen theils für die Erwärmung der gottesdienstlichen- und Schulräume, wo eine nachhaltige Erwärmung nicht erfordert wird, theils für kleinere Diensträume. Sie bieten nichts Abweichendes von den gebräuchlichen Anordnungen dar.

## Ueber die Vorzüge der Verwendung von Formmaschinen für die Fabrikation der Zahnräder.

Ungemein lebhaft ist während der letzten Jahre die Frage der Arbeitstheilung in den Kreisen der deutschen Industriellen erörtert worden, um, wie jede Principienfrage, begeisterte Anhänger aber auch ebenso heftige Gegner zu finden. Wurde von der einen Seite eine stricte Durchführung der Arbeitstheilung als das von allen Fabrikanten anzustrebende Ziel hingestellt, da nur durch Concentrirung der Kräfte auf einen Industriezweig etwas Vollkommenes in demselben geleistet werden könne, so erkannte man von der anderen Seite die theoretische Richtigkeit dieser Gründe freilich an, doch berief man sich auf die factische Unmöglichkeit, eine derartige Theilung praktisch durchzuführen, da dies ja nur durch ein einheitliches Zusammenwirken sämmtlicher deutscher Fabrikanten geschehen könne und sich unter allen Umständen als schwierig, bei den jetzigen Verhältnissen unserer Industrie aber selbstverständlich als unmöglich erweisen müsse. Ungehört aber sind derartige Mahnungen doch nicht verhallt; schon heute sehen wir eine verhältnissmässig grosse Zahl von Fabriken sich ausschliesslich mit Specialitäten beschäftigen und trotz der allgemeinen Calamität der Industrie mehr und mehr emporblühen, wie sich ja auch heute schon keine Maschinenfabrik mehr darauf einlassen dürfte, beispielsweise Kesselarmaturen selbst anzufertigen, da sie dieselben anderweitig besser und billiger erhält.

Diese Thatsache führt uns von selbst auf einen neuen Gesichtspunkt, von welchem aus die Frage betrachtet werden kann. Werfen wir einen Blick auf die Erfolge der amerikanischen Industrie, so begegnen wir allenthalben ein und demselben Streben, nämlich dem Streben, die Menschenarbeit mehr und mehr durch die genauere und billigere Maschinenarbeit zu ersetzen. Dies ist jedoch nur bei vollständiger Arbeitstheilung durch-

führbar, da derartige Maschinen zu theuer und zum Theil auch in ihrer Behandlung zu schwierig sind, um von einer Fabrik für mehr als einen Industriezweig beschafft bezw. mit Erfolg verwendet werden zu können. Die Tragweite dieser Thatsache bedarf wol keiner Erörterung, denn es leuchtet ja auf den ersten Blick ein, dass bei nicht vollzogener Arbeitstheilung die Fortschritte neuer Erfindungen auf dem Gebiete der Arbeitsmaschinen der Industrie entzogen werden, während andererseits die Fabrikation derartiger automatischer Maschinen, welche an und für sich wieder einen bedeutenden Industriezweig bilden könnten und würden, brach gelegt wird.

Wir möchten nun in den folgenden Zeilen die Aufmerksamkeit auf eine specielle Gattung von Maschinentheilen lenken, welche ein treffendes Beispiel für die Wahrheit des eben Gesagten bilden, da ihnen die Fortschritte neuer Erfindungen bis jetzt nur unverhältnissmässig wenig zu Gute gekommen sind; wir meinen die Zahnräder.

Wol kein Gebiet des Maschinenbaues hat sich seit Jahrhunderten einer so unausgesetzten Aufmerksamkeit von Seiten der Theoretiker erfreut wie die Zahnräder, und wol keines ist dabei in der Praxis selbst so sehr vernachlässigt worden. Wir verfügen heute über eine grosse Zahl der vorzüglichsten Methoden zur theoretischen Profilirung der Zähne, wir sind in der Lage die Eingriffsdauer, Reibung u. s. w. mit mathematischer Genauigkeit zu berechnen bezw. auf ein Minimum zu reduciren und doch genügt ein Blick auf die klappernden Räder eines beliebigen Getriebes, um uns zu überzeugen, dass von allen den Fortschritten, welche die Theorie schon längst ihrer Vollendung entgegenführten, der Praxis ganz unverhältnissmässig wenig zu Gute kommt.

Wol ist es in allen Kreisen der Praktiker längst bekannt, welche grossen Effectverluste durch mangelhaft construirte Zahnräder herbeigeführt werden; kaum ein Fabrikant wird sich verhehlen, welche Fehler er in dieser Beziehung täglich begeht, und wenn es trotzdem nur in den allernothwendigsten Fällen versucht wird, denselben Abhilfe zu verschaffen, so kann uns diese Thatsache allein schon davon überzeugen, dass die wahren Ursachen tiefer liegen und dass wir uns hier an der geheimnissvollen Grenze zwischen Theorie und Praxis befinden. Verfolgen wir die Entstehung eines Zahnrades von ihren ersten Anfängen an. Die Zähnezahl und Theilung werden von Seiten des Constructeurs berechnet, die Theilkreise und zugehörigen Zahnprofile verzeichnet und — das Weitere ist dem Modelltischler überlassen, denn der Constructeur weiss aus Erfahrung, dass eine weitere Ausführung der Zeichnung nur auf annähernde Genauigkeit Anspruch machen und ausserdem dem Modelltischler nichts nutzen könnte, da dieser dieselbe Arbeit doch von Neuem beginnen müsste. Stösst aber der Zeichner mit seinen genauen Apparaten bei Vornahme der Theilung u. s. w. schon auf kaum überwindliche Hindernisse, wie viel mehr erst der Tischler, welchem die ungleich schwierigere Arbeit obliegt, Theilung und Profilirung auf Holz zu übertragen, eine Aufgabe, welcher er entweder von vornherein nicht das nöthige Interesse entgegenbringt, oder aber nicht die nöthige Zeit widmen kann. Und in der That würde die auf eine vollkommen genaue Ausführung des Modells verwandte Mühe eine verlorene sein, denn gesetzt wirklich den Fall, sie würde mit Erfolg gekrönt und es gelänge, das Rad mathematisch genau zu theilen und die Zähne in vollkommen radialer Richtung und genau zu profiliren, so liegt darin noch keineswegs die Gewähr, dass auch das Zahnrad mit gleicher Genauigkeit aus dem Gusse hervorgehe; sobald nämlich das Modell mit dem feuchten Formsand in Berührung kommt, wird es sich verziehen und nach kurzer Zeit seine Genauigkeit verlieren, so dass alle aufgewandte Mühe und Arbeit nur den ersten Abgüssen zu Gute kommt und auch nicht annähernd belohnt wird. Hat nun aber vollends ein Modell erst einige Zeit auf dem Modellboden gestanden, so werden die Fehler bald so gross werden, dass an ein vollständiges Repariren nicht mehr zu denken ist; das Holz wird sich infolge der Austrocknung verziehen und schwinden, und dem blossen Auge wird es alsbald erkennbar sein, dass von der früheren Genauigkeit keine Spur mehr vorhanden und das Rad nach allen Richtungen hin windschief geworden ist. Noch schlimmer gestaltet sich die Sache, wenn man das Modell seiner Grösse wegen aus mehreren Theilen zusammensetzen muss, denn wenn hier schon bei der Anfertigung eine annähernde Genauigkeit nur mit der grössten Mühe erzielt werden kann, da der geringste Fehler in der Zusammensetzung der einzelnen Theile von den übelsten Folgen ist, so wird sie bei alten Modellen zur vollkommenen Unmöglichkeit, indem ja die Fehler, welche durch Verziehen erst entstehen, proportional mit dem Radius wachsen. Wol in allen Fabriken werden die Radmodelle, seien sie gross oder klein, vor erneutem Abguss einer Reparatur unterworfen, die meistens schwierig und langwierig ist, ohne das Modell vollkommen wieder herstellen zu können. Die geringste Ungenauigkeit aber macht sich wiederum in der fatalsten Weise beim Formen bemerkbar, denn sobald einzelne Zahnflanken nicht genau normal auf der zur Axe des Rades senkrechten Ebene stehen, wird der zwischen die Zahnlücken des Modells gestampfte Sand beim Herausziehen desselben mitgerissen, und dem Former liegt es alsdann ob, den Schaden aus freier Hand mit Hilfe von Flickzähnen wieder zu ersetzen, wobei natürlich für die genaue Theilung ebenso wenig wie für die radiale Stellung der Zähne die geringste Garantie geboten wird.

Unter solchen Umständen ist es in der That kein Wunder, dass die Modelltischler längst die Lust verloren haben, auf eine genaue Construction der Zahnräder überhaupt noch Zeit und Mühe zu verwenden, ebenso wie es dem Techniker schwerlich mehr einfallen wird, die Profilirung nach einer genauen Methode vorzunehmen; und da der geringste Fehler in der Theilung von weit störenderem Einfluss ist als eine angenäherte Construction der Zahnprofile, so betrachtet man die letzteren mit Fug und Recht für mehr als ausreichend. Wohl sieht man

die täglich begangenen Fehler ein, indem es ja auf der Hand liegt, wieviel Menschenkraft beispielsweise an einer Handwinde durch mangelhafte Construction der Räder in nutzloser Reibuug verloren geht, aber man hat sich eben gewöhnt, diese Uebelstäude als nothwendige zu betrachten und überlässt es getrost den Monteuren und der mit der Zeit eintretenden Abnutzung der Zahnflanken, ein ungangbares Getriebe gangbar zu machen. Alle diese Uebelstände liefern den sicheren Beweis, dass, wenn überhaupt irgend welche Maschinentheile, die Zahnräder in das Gebiet der Maschinenarbeit hineingehören, denn, wo die gewöhnliche Geschicklichkeit der Hände des Menschen nicht mehr ausreicht, da hat die Ueberlegenheit seines Geistes helfend und fördernd einzutreten und zwar in Gestalt der von ihm erfundenen und seinen Zwecken dienstbaren Maschinen. In der That sehen wir schon zu Anfang der vierziger Jahre die Fräsmaschinen auftreten und sich schnell in allen Ländern verbreiten. Ihre Erfindung steht als grossartiger Fortschritt in der Zahnräderfabrikation da, indem es nunmehr möglich war, in dringenden Fällen die Zahnräder nachträglich zur vollkommenen Genauigkeit zu justiren.

Dieser Fortschritt war indessen von einem Uebelstande anderer Art begleitet. Durch die Justirung der Zahnflauken geht die gleichmässig harte Gusskruste verloren und die Folge davon ist, dass sich die Zähne verhältnissmässig schnell abnutzen und ihre Profilformen einbüssen. Man half sich daher vielfach dadurch, dass man die Zahnmodelle mit der Fräsmaschine herstellte; aber auch hier trat dann wieder der Uebelstand ein, dass die Modelle sich mit der Zeit veränderten und an Genauigkeit verloren. Diese Gründe, sowie die bedeutenden Kosten dieser Arbeit haben wol dazu beigetragen, dass die Fräsmaschinen verhältnissmässig wenig und nur in den dringendsten Fällen verwendet werden, während im Uebrigen die Sache so ziemlich beim Alten geblieben ist.

Inzwischen war der rastlose Erfindungsgeist nicht unthätig, und diesmal schien er in die richtige Bahn einzulenken. In der Unvollkommenheit und geringen Dauerhaftigkeit der Modelle erkannte man die Wurzel des Uebels und folgerichtig suchte man demselben dadurch abzuhelfen, dass man die Modelle überflüssig machte bezw. auf ein Minimum reducirte durch Formmaschinen, welche im Anfange der funfziger Jahre von dem Fabriken-Commissarius Hofmann, zu jener Zeit Oberingenieur der Ruffer'schen Maschinenfabrik in Breslau, erfunden wurden. Später wurde die Räderformmaschine Herrn George L. Scott in Manchester patentirt, und es wäre von Interesse, festzustellen, ob letzterer dieselbe neu erfunden, oder, wie es ja so mancher deutschen Erfindung geht, nachgebaut hat. Hofmann hat, soviel uns bekannt, die Maschine nur für seine eigenen Bedürfnisse gebaut und von der Fabrikation derselben für Andere abgesehen.

Die Formmaschine bedarf als Modell nur eines kleinen Holzblockes mit zwei mathematisch genau gearbeiteten Zähnen, mit welchen Zahn für Zahn der ganze Zahnkranz geformt wird. Dieses Modell wird an einen senkrechten Support angeschraubt, welcher mit Hilfe eines horizontalen Armes um eine verticale Welle rotirt und sich nach Fertigstellung einer Zahnform erhebt und genau um einen der Theilungseinheit des zu formenden Rades gleichen Winkel dreht. Der Abstand des Supports von der Axe ist verstellbar und wird entsprechend dem Radius des zu formenden Rades fixirt. Die Rotation des Supports wird durch eine Schnecke nebst zugehörigem auf der verticalen Welle gelagerten Schneckenrade bewirkt, welches bei seiner Drehung den Arm mitnimmt. Eingeleitet wird die Bewegung durch ein- oder mehrmalige volle Umdrehung einer mit Einfallklinke versehenen Handkurbel, während die Grösse des Drehungswinkels entsprechend der Theilung des zu formenden Rades durch eingeschaltete Zwischenräder regulirt wird.

Die Maschine dreht sich mit hohler Achse um eine verticale Welle, die in eine gusseiserne gut fundamentirte Hülse geschoben wird; letztere muss sich genügend tief unter der Sohle der Giesserei befinden, so dass über derselben Räder von der grössten vorkommenden Breite und Nabenlänge angefertigt werden können.

Aus dem Gesagten dürfte die Art der Verwendung der Maschine bereits hervorgehen. Vor Aufstellung derselben wird der in den Oberkasten gehörige Theil der Form hergestellt und zwar durch Rotation einer entsprechend ausgeschnittenen Schablone um die oben erwähnte Welle. Hierauf wird der Oberkasten abgehoben und nachdem alsdann mit einer zweiten Schablone in der Giessereisohle ein Herd für die eigentliche Radform ausgedreht worden, wird die Formmaschine aufgestellt, das Zahnmodell an derselben befestigt und genau auf den Radius des Theilkreises eingestellt. Nach Vollendung aller dieser Vorbereitungen senkt man das Zahnmodell mit Hilfe einer am Support angebrachten senkrechten Geradführung und einer kleinen, an letzterer befindlichen Winde bis auf den Boden des ausgeschachteten Cylinders, füllt die Zahnlücke und den Zwischenraum zwischen den Zahnköpfen und der Wandung der Form mit Formsand aus und stampft letzteren gehörig fest. Durch die Supportwinde hebt man alsdann das Modell wieder aus der Form, verschiebt es mit Hilfe der oben erwähnten Kurbel um eine Theilung und wiederholt für den folgenden Zahn dieselbe Arbeit. Auf diese Weise erhält man schliesslich die Form für den ganzen Zahnkranz und hat zugleich die Garantie für dessen absolute Genauigkeit. Zu erwähnen ist noch, dass bei Formmaschinen für Hyperbel- und Schneckenräder das Modell zunächst in radialer Richtung aus der Form geführt und dann erst gehoben wird. Nach Vollendung des Zahnkranzes entfernt man die Maschine aus der Form und legt behufs Herstellung des Radkranzes und Armkreuzes Kerne ein. Dies bedingt für Kranz und Arme eine von der gewöhnlichen abweichende Form, die aber für die Festigkeit nur von Vortheil ist, und zwar hat sich für die Arme der I förmige, für den Kranz der ⊏ Querschnitt als der zweckmässigste

herausgestellt. Uebrigens ist die Benutzung des T förmigen und elliptischen Querschnittes für die Arme ebenso wenig ausgeschlossen wie eine volle Scheibe.

Nach dem Gesagten ist es wol kaum nothwendig, die Vorzüge, welche derartige Maschinen für die Fabrikation der Zahnräder bieten, noch hervorzuheben. Wie wir gesehen haben, beschränkt sich das ganze Modell für den Zahnkranz auf zwei Zähne, deren mathematisch genaue Profilirung sich bei Anwendung geeigneter Hilfsmittel ohne zu grossen Zeitaufwand herstellen lässt, während die Theilung von der Maschine bewerkstelligt wird. Eben durch seine kleinen Dimensionen ist ferner das Modell gegen die Einflüsse des Verziehens verhältnissmässig geschützt und wird bei wiederholtem Gebrauch nur geringer Reparaturen bedürfen. Man hätte daher mit Recht annehmen können, dass die Erfindung der Formmaschinen eine vollkommene Umwälzung in der Räderfabrikation hervorrufen und allgemein als eine Hilfe in der Noth bewillkommnet werden würde. In der That machte auch die Erfindung ungemeines Aufsehen, aber die Hoffnung auf eine Verbreitung derselben in allen Giessereien erwies sich als trügerisch oder erfüllte sich nur unvollkommen, denn es zeigte sich bei dieser Maschine der Uebelstand, den wir in der Einleitung bereits im Allgemeinen hervorhoben, dass sie eine für den allgemeinen Gebrauch zu subtile Behandlung erfordert. Da nämlich der Zweck der Formmaschine die mathematisch genaue Eintheilung eines Kreises ist, so muss ihr Rädergetriebe ohne jeden Spielraum sein und dabei doch verhältnissmässig leicht gehen, weil sie sonst bei der Umdrehung der Kurbel aus ihrer Lage gerückt werden könnte. Wird nun auch wirklich die Maschine von dem betreffenden Fabrikanten vollkommen genau geliefert, was anfangs vielleicht auch nicht immer der Fall gewesen sein mag, so liegt doch die Gefahr nahe, dass sie in dem Staube und der Feuchtigkeit einer Giesserei ihre Genauigkeit wieder verliert, da die Oxydation der einzelnen Theile und der sich zwischen letztere setzende Staub nothwendiger Weise eine schädliche Abnutzung hervorrufen muss. Die Maschine bedarf daher einer unausgesetzten Beaufsichtigung und Justirung ihrer Theile und zwar in einem Grade, welchen die mit diesem Geschäfte betrauten Arbeiter vielleicht nicht immer gehörig zu würdigen wissen. Schleicht sich aber in irgend welcher Beziehung der geringste Fehler ein, dann ist es klar, dass das betreffende Zahnrad auf Genauigkeit gar keinen Anspruch mehr machen kann und sogar bedeutend schlechter ist als ein mit gutem Modell geformtes. Wir irren daher wol nicht, wenn wir die Schuld der verhältnissmässig langsamen Verbreitung der Formmaschinen diesen und ähnlichen Gründen zuschreiben, denn was bei gehöriger Sorgfalt mit ihnen geleistet werden kann, das hat die Frankfurter Ausstellung des Vereines deutscher Ingenieure im August 1877 bewiesen. Dieselbe war von den Herren Otto Gruson & Co. in Buckau und der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Actien-Gesellschaft mit Formmaschinenrädern aller Art beschickt, welche ihrer correcten und sauberen Ausführung wegen allgemeines Aufsehen erregten. (Vgl. das Referat in Heft 11, Bd. XXI d. Z.) Einige Zeit später verdankte der Schreiber dieses der Freundlichkeit des Hrn. O. Gruson, welcher seit 1874 Formmaschinen-Zahnräder, Riemenscheiben u. s. w. als ausschliessliche Specialität fabricirt, einen genauen Einblick in dessen Fabrikationsmethode und hatte dort Gelegenheit, sich einerseits von den vorzüglichen Leistungen zu überzeugen, welche mit der Formmaschine erzielt werden können, andererseits aber auch von der fast peinlichen Sorgfalt, welche durch jene Leistungen bedingt ist.

O. Gruson arbeitet mit acht Formmaschinen und hat seinen Rädern, welche er in Grössen von $6^{m}$ bis $30^{mm}$ Durchm. anfertigt, in verhältnissmässig kurzer Zeit Verbreitung durch ganz Deutschland verschafft. Auch nach Holland und Russland ist es ihm gelungen, der englischen Concurrenz mit Glück entgegen zu treten. Es zeichnen sich die Gruson'schen Räder nicht nur durch ihre Genauigkeit, sondern auch durch ihr ungemein glattes und gleichmässiges Aeussere aus, welches letztere sicherlich schon das Interesse manches Fachmannes erregt haben wird. Gruson erreicht dies dadurch, dass er seine Modelle auf das Genaueste bearbeitet und sorgfältig polirt, so dass der Formsand in einer Weise festgestampft werden kann, die beim Gusse jedwede Veränderung der Form unmöglich macht.

Von ganz besonderem Werthe sind die Formmaschinen für die Fabrikation der Hyperbel- und Schneckenräder, da sie bei diesen wesentliche Verbesserungen in der Profilirung der Zahnflanken gestatten.

Bekanntlich wurden Schneckenräder bisher meist in der Weise profilirt, dass sich stets nur ein Punkt des Radzahnes mit einem Punkte der Schraube im Eingriff fand, und zwar geschah dies aus dem Grunde, weil eine richtige Profilirung der Radzähne windschiefe Zahnflächen ergiebt, deren Herstellung beim Formen mit Holzmodellen ungemeine Schwierigkeiten verursachen würde. Bei Anwendung der Formmaschine dagegen fällt dieser Uebelstand weg, da man, wie schon erwähnt, das Holzmodell zunächst in radialer Richtung aus der Form bringt und dann erst hebt; man kann daher das Schneckenrad auf etwa $1/4$ des Umfanges der Schraube mit der letzteren in Eingriff bringen.

Die Nachtheile, welche die Berührung in einem Punkte für die Schneckenräder im Gefolge hat, bedürfen wol keiner Erörterung, denn da beim Schneckenrad ungefähr 50 pCt. der Arbeitsleistung durch Reibung verloren gehen, so liegt es auf der Hand, welcher bedeutenden Abnutzung diese Räder ausgesetzt sind, wenn man den ganzen Druck auf einen Punkt concentrirt, und aus diesen Gründen ist die Vertheilung desselben auf eine ganze Linie der Zahnflanke von hohem praktischen Werth. Die theoretische Construction eines richtigen Zahnprofils dieser Art bietet natürlich keine Schwierigkeiten, indem man ja nur eine Anzahl Längsschnitte der Schraube zu construiren und für jedes einzelne auf diese Weise erhaltene Zahnprofil der Schnecke

Fabriken, welche sich dieses neuen Industriezweiges bemächtigt haben, anzuführen.

Ausser den bereits genannten Fabriken von O. Gruson & Co. in Buckau und der Berlin-Anhalt. Maschinenbau-Actien-Gesellschaft, beschäftigen sich unseres Wissens noch folgende Werke mit derselben Specialität: Chemnitzer Werkzeug-Maschinenfabrik, Actien-Gesellschaft, vorm. Joh. Zimmermann; Hermann Michaelis in Chemnitz; Briegleb, Hansen & Co. in Gotha; Cölner Maschinenfabrik, Actien-Gesellschaft, in Bayenthal; Dampfschifffahrt-Gesellschaft in Buckau; Dingler, Karcher & Co. in St. Johann a/Saar; Berliner Maschinenbau-Actien-Gesellschaft, vorm. L. Schwartzkopff.

Mit Recht ist das Entstehen und Aufblühen dieses Industriezweiges in den Kreisen der deutschen Ingenieure mit Freude begrüsst worden, und sollte, was wol anzunehmen ist, die weitere Entwickelung dieses Industriezweiges dem guten Aufange entsprechen, dann dürfte vielleicht die Zeit nicht allzu weit entfernt liegen, wo Zahnräder in einer Linie mit Regulatoren, Ventilen, Manometern u. s. w. rangiren werden, und wo demgemäss abermals ein bedeutender Fortschritt bezüglich der Einführung der allgemeinen Arbeitstheilung in Deutschland constatirt werden darf.

J. v. Schütz.

---

## Die ersten Dampfmaschinen in Deutschland.

### Von Th. Springmann.

(Vorgetragen in der Versammlung des Westfälischen Bezirksvereines vom 10. März 1878.)

(Fortsetzung von Seite 1.)

„Ueber dem Brunnen ist ein 94 Fuss hoher massiver runder Kunstthurm erbaut, welcher ehedem eine holländische Windkunst trug, seit 1793 aber die zu der Dampfmaschine gehörigen Pumpensätze enthält.

Auf der Mittagsseite dieses Kunstthurmes liegen die Maschinengebäude, welche aus dem Hauptgebäude und zweien zu beiden Seiten desselben belegenen Kesselgebäuden, nebst den zu letzteren gehörigen zwei Schornsteinen (von 70 Fuss Höhe) bestehen.

Jedes dieser Kesselgebäude enthält einen aus eisernen Tafelblechen gefertigten 15 Fuss langen, $6^1/_2$ Fuss breiten und 9 Fuss hohen Dampfkessel, dessen oberer Boden convex, dahingegen der untere concav geformt ist. Der körperliche Inhalt eines solchen Kessels beträgt etwas über 700 Cubikfuss und ist beim Gange der Dampfmaschine mit etwa 450 Cubikfuss Wasser gefüllt, welches vermittelst einer unter, durch und um den Kessel unterhaltenen Feuercirculation im Kochen erhalten, und dadurch in elastische Dämpfe verwandelt wird, die demnächst durch eine gegossene eiserne Röhre den im Hauptgebäude befindlichen Maschinentheilen zugeführt werden.

Diese Maschinentheile bestehen aus dem Cylinder, dem Condensator, dem Balancier und den Steuerungsstücken. Es ist hierbei zu bemerken, dass nur jederzeit ein Kessel im Gange ist, und der andere dazu dient, ersteren nach einem vier- bis sechswöchentlichen Betrieb abzulösen, um die nöthigen Reparaturen und Reinigungen vorzunehmen.

Die wesentlichsten Theile dieser Maschine sind, ausser dem zur Dampferzeugung nöthigen Kessel, in beigefügter Zeichnung (Blatt 3) im Profil vorgestellt.

*ABCD* ist ein senkrecht aufstehender, von Eisen gegossener, überall gleichweit gebohrter Cylinder, in welchem der genau anschliessende Hauptkolben *V* beim Gange der Maschine auf und nieder spielt.

Dieser Cylinder ist unten mit einem Boden und oben mit einem Deckel verschlossen, welcher letzterer durch eine in seiner Mitte angebrachte zirkelrunde Oeffnung zwar der Kolbenstange *VG*, nicht aber den Dämpfen oder der Luft den Durchgang verstattet, zu welchem Ende diese Oeffnung mit einer Stopf- und Schmierbüchse *q* versehen ist. Oben kurz unter dem Deckel und unten über dem Boden des Cylinders gehen aus demselben zwei kurze Röhren *E* und *F*, jede zu einem Ventilkasten *O* und *P*, welche bei *c* und *d* ein Ventil enthalten, und durch eine vertical zwischen ihnen stehende Röhre *W* (Communications-Röhre) mit einander in Verbindung stehen.

Ueber dem Ventilkasten *O* steht noch ein dritter *N*, welchem die Röhre *a* (Dampf-Röhre) den Dampf aus dem hinterwärts befindlichen Dampfkessel zuführt. Dieser Ventilkasten enthält bei *b* ebenfalls ein Ventil.

Die drei Ventile *b*, *c* und *d* werden nach ihrer Lage durch die Benennung oberes, mittleres und unteres Ventil unterschieden. Alle Ventile werden von aussen in Bewegung gesetzt.

Aus dem Ventilkasten *P* geht eine Röhre *X* (der Condensator) in einen, mit kaltem Wasser angefüllten Kasten *QRST*, woselbst sie eine kleine und engere Röhre *Y*, die bei *e* mit dem Einspritzventil versehen ist, aus sich hervorgehen lässt, und sich dann in eine Pumpe *LM* (die Luft- und warme Wasserpumpe) endigt, zuvor aber bei *r* eine Klappe enthält, die sich gegen die Pumpe *LM* öffnet und durch ihr eigenes Gewicht verschliesst.

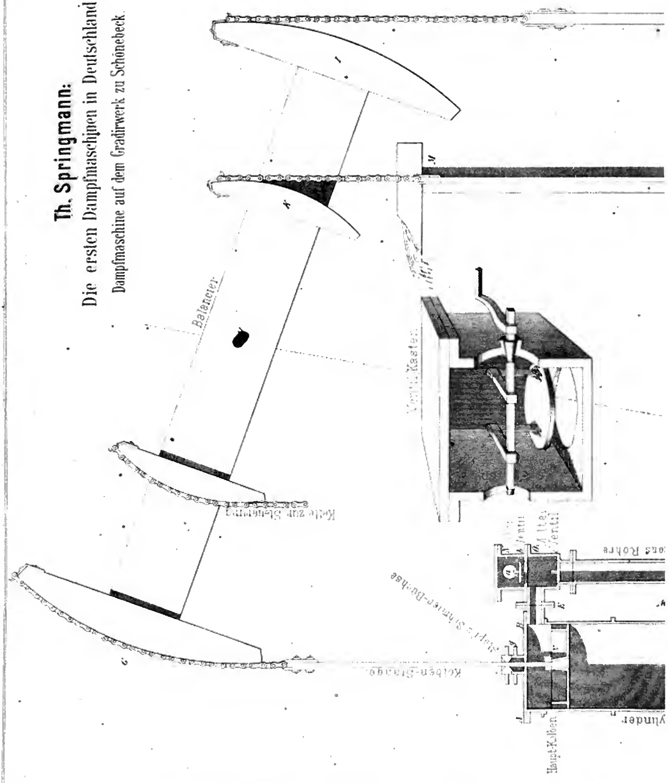
Genau über der Mitte des Cylinderdeckels ist an den einen Endpunkt eines bei *H* aufliegenden Wagebalkens *GJ* (Balancier) die Hauptkolbenstange *VG* mit einer Kette befestigt, und auf der anderen oder der Lastseite des Hebels in *K* die zur Pumpe *LM* gehörige Kolbenstange, mit dem durchbrochenen Klappenkolben *L* versehen. Am Endpunkt *J* sind diejenigen Pumpenstangen angebracht, wodurch das Wasser oder die Soole aus der Teufe gehoben werden soll.

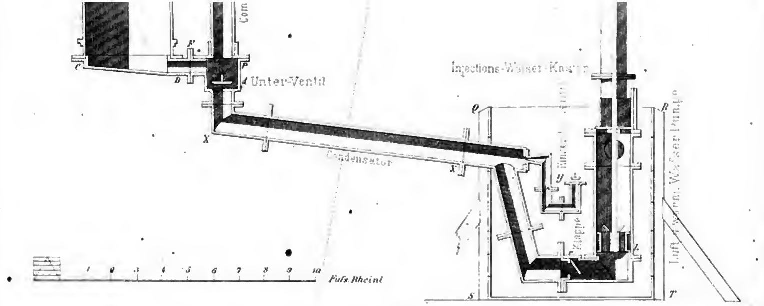
Bemerkt man nun noch, dass die in *J* angehängten

**Th. Springmann:**

Die ersten Dampfmaschinen in Deutschland

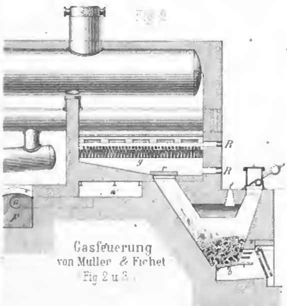
Dampfmaschine auf dem Gradirwerk zu Schönebeck.



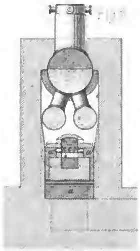



## A. Hartmann:

Ueber eine Gasfeuerung.



Gasfeuerung von Muller & Fichet Fig 2 u 3.



Gasfeuerung von Hartmann. (Fig. 4 u. 5.)

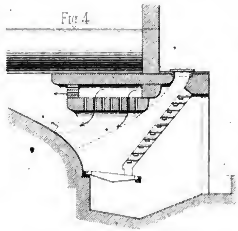
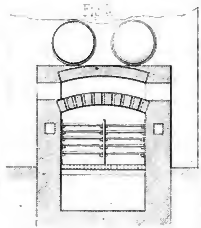


Fig. 4



Lasten bei Weitem grösser sind als das Gewicht des Hauptkolbens *V*, so erhellet, dass es nur darauf ankomme, den Kolben *V* durch irgend eine Kraft niederzutreiben, demnächst aber die Wirkung dieser Kraft aufzuheben, damit die Last in *J* den Kolben wiederum anziehen könne, und man wird ebenso leicht einsehen, auf welche Art die Ausdehnungskraft erhitzter Wasserdämpfe und die Eigenschaft derselben, wonach sie sich bei Berührung eines kalten Körpers condensiren oder wiederum in Wasser verdichten, die Pumpen in Bewegung setzt. Soll nämlich die Maschine zu arbeiten anfangen, so müssen zuvor alle inneren Theile derselben von Luft gereinigt, und mit elastischen Dämpfen erfüllt werden.

Zu dem Ende öffnet man einige Minuten lang die Ventile *b*, *c* und *d*, wodurch die durch die Dampfröhre bei *a* eindringenden Dämpfe alle inneren Räume des Cylinders, der Communicationsröhre und des Condensators erfüllen, vermöge ihrer Ausdehnungskraft die Klappe *r*, ingleichen die Klappen des Kolbens *L* eröffnen, und dergestalt der in den inneren Maschinentheilen befindlichen Luft einen Ausgang verschaffen.

Ist auf diese Art die Luft aus den inneren Maschinentheilen vertrieben, und ihre Stelle durch Dämpfe ersetzt, so verschliesst man das mittlere Ventil *c*, um dadurch den durch die Dampfröhre *a* einströmenden Dampf zu verhindern, in den Raum unter dem Kolben zu gelangen, und ihn zu nöthigen, blos einseitig von oben auf den Kolben zu wirken. Man öffnet sodann auf einige Augenblicke das Einspritzventil *e*, wodurch eine Quantität kaltes Wasser aus dem Wasserkasten *QRST* in den Condensator *X* eindringt, bei dessen Berührung sich die in dem Condensator, der Communicationsröhre und unter dem Kolben befindlichen Dämpfe in einen 1400mal kleineren Raum zu Wasser verdichten, und daher unter dem Kolben *V* einen leeren Raum hervorbringen.

Da nun inzwischen die Dämpfe durch die Dampfröhre *a* und das obere Ventil *b* ungehindert zu dem Raum über dem Kolben gelangen können, so äussern sie hier durch Niedertreibung des Hauptkolbens *V* ihre Ausdehnungskraft, wodurch vermittelst der Kolbenstange der Balancier nach dem Cylinder zu herabgezogen und auf der anderen Seite aufwärts bewegt wird.

Hierbei kommen natürlicherweise die in *J* angehängten Pumpen, sowie die Luft- und warme Wasserpumpe *LM* in Bewegung, und letztere hebt vermittelst des Kolbens *L* das im Condensator eingespritzte Wasser, nebst dem in Wasser verwandelten Dampf, sowie erstere die aufzufördernde Soole.

Ist nun auf diese Weise der Kolben *V* niedergetrieben, so schliesst man das obere Ventil *b*, damit keine Dämpfe aus dem Kessel zum Cylinder gelangen können; man schliesst ferner das untere Ventil *d*, um den Cylinder vom Condensator abzuschneiden, und öffnet sodann das mittlere Ventil *c*, damit die über dem Kolben *V* vorhandenen Dämpfe sich durch die Communicationsröhre in den Raum unter dem Kolben ausdehnen können.

Da hierdurch die Expansivkraft der Dämpfe auf den Kolben gleich stark von oben nieder und von unten aufwärts zu wirken genöthigt ist, so würde der Kolben unverrückt unten bleiben, wenn nicht das Uebergewicht der Last in *J* den Balancier in seine erste Lage zurück, und also auch den Kolben *V* wieder in die Höhe zöge, wonach die Maschine ihr Spiel von neuem anfangen kann, ohne dass man vorher Luft auszutreiben nöthig hat, indem die wenige aus dem Einspritz-Wasser entbundene Luft beim Aufgehen des Luftpumpen-Kolbens *L* fortgeschafft oder wenigstens in den Raum zwischen der Klappe *r* und dem Kolben *L* hinabgezogen worden.

Uebrigens gehört es zur Vollkommenheit der Dampfmaschine, dass sie vermittelst einer sogenannten Steuerung (deren Beschreibung aber hier zu weitläufig werden würde) die Ventile zu gehöriger Zeit selbst öffnet oder schliesst, und dergestalt ohne Mitwirkung fremder Kräfte sich selbst in ihrem Gang erhält, solange der Zugang der benöthigten Dämpfe aus dem Dampfkessel erfolgt, oder nichts wandelbar wird.

Dass man den Gang der Maschine willkürlich aufhalten könne, ist für sich klar, da er nur allein von regelmässiger Oeffnung und Verschliessung der Ventile abhängt, und jede willkürliche Störung dieser Ordnung die Maschine nothwendig aufhalten muss, welches z. E. Statt finden muss, wenn beim höchsten Kolbenstand das Ventil *b* verschlossen gehalten wird, — weil in diesem Fall keine Dämpfe in den Raum über dem Kolben gelangen können.

Erwägt man ferner, dass die Regierung eines jeden Ventils nur wenige Kraft erfordert, so bedarf der Umstand, dass man mit einer Hand die Maschine zum Stillstand bringen kann, keiner weiteren Erläuterung.

Sämmtliche in der Zeichnung angegebenen Haupttheile der Maschine sind im vorgedachten Hauptgebäude und in dem daran stossenden Kunstthurm enthalten. — Die punctirte Linie giebt die Grenze beider Gebäude an, und fordert noch die Bemerkung, dass die Lastseite *HJ* des Balanciers in den Kunstthurm reicht und der Endpunkt *J* senkrecht über dem Brunnen steht. Der Balancier ist $25^1/_2$ Fuss lang, aus vier eichenen Balken (jeder $1^1/_2$ Fuss hoch, 1 Fuss breit) zusammengesetzt, und bewegt sich auf einem 3zölligen Zapfen in messingenen Pfannen. Der Cylinder ist ($9^1/_2$ Fuss hoch, $3^1/_3$ Fuss im Lichten weit) in England von Humphrey gegossen und gebohrt.

Die Elasticität der Dämpfe hält dem Druck einer 38 Fuss hohen Wassersäule auf die Hauptkolbenfläche das Gleichgewicht, und es ist daher der gesammte Druck auf den Hauptkolben 21865 Pfund, womit derselbe in einer Minute zehnmal $6^1/_2$ Fuss in den Cylinder nieder getrieben wird. (Die Maschine ist eigentlich auf einen 8füssigen Hub angelegt, allein eines Theils verliert sie am Hub wegen der allmäligen Abnutzung der Kettenbolzen, andern Theils gestatten die Maschinenwärter niemals dem Kolben, ganz niederzugehen. $6^1/_2$ Fuss Hub ist das Mittel aus mehreren von mir angestellten Beobachtungen.)“

Auch die Maschine auf der Saline Königsborn bei Unna gehört mit zu den ersten; fast sämmtlich wurden sie durch den schon erwähnten Bergassessor Bückling gebaut, der die ausgebohrten Cylinder aus England und zwar von Humphrey in Penn-y-darrn, Südwales, bezog, alles Uebrige aber im Inland anfertigen liess.

Nur jene zweite Maschine für Grube Friedrich bei Tarnowitz war ganz fertig aus England bezogen worden und zwar auf Veranlassung des Berghauptmanns v. Reden zu Breslau. Der Maschinenbau-Inspector der Mannsfelder Gewerkschaft, Herr Hammer, dem ich diese Angaben verdanke, macht dazu folgende Bemerkung: „Aus den betreffenden Acten geht hervor, dass Graf Reden schon damals als Anglophobe mit dem Grundsatz auftrat, man müsse die Ware dort kaufen, wo sie am billigsten sei, einerlei ob Inland oder Ausland, während der Minister v. Heinitz und der damalige Oberbergrath Mönnich zu Berlin den Anschauungen Friedrich des Grossen getreu für die Anfertigung im eigenen Lande sind.“ Dieser grosse König sagte sich mit Recht, die Theorie des Einkaufes auf dem billigsten Markt mag wol als Finanzpolitik einer Hausfrau vollständig berechtigt sein, im Haushalt eines Staates stellt sich die Sache jedoch ganz anders. Beim Einkauf im Auslande geht das Geld aus dem Staate fort, er bekommt freilich den Werth an Ware dafür wieder; wird dagegen im Inlande gekauft, so bekommt das Land ebenso gut die Ware, das Geld bleibt aber auch im Lande. Der Werth der Ware wird dann aus sonst werthlosen Dingen durch Arbeit im Lande selbst erzeugt, das Land als solches ist also um den Werth der Ware reicher geworden.

In Westfalen kam die erste Dampfmaschine im Jahre 1801 auf der v. Romberg'schen Zeche Vollmond in Betrieb, sie war in Schlesien gebaut, wurde jedoch für den Maschinenbau Westfalens von grosser Bedeutung. Bei Aufstellung dieser Maschine war nämlich ein Zimmermann Namens Franz Dinnendahl mit beschäftigt gewesen.

Dieser Franz Dinnendahl gründete bald darauf eine Werkstatt in der Nähe von Steele und etablirte sich dort als „Mechanikus“. In ihm haben wir den ersten Dampfmaschinen-Fabrikanten Westfalens, vielleicht sogar ganz Deutschlands vor uns.

Wir dürfen uns die Werkstätte Dinnendahl's aber ja nicht etwa so eingerichtet denken wie die später entstehenden Maschinenfabriken oder wie die schon damals im Auslande bestehenden Maschinenbauanstalten, es war vielmehr nur eine etwas grössere Schmiede- und Schlosserwerkstätte mit einigen Handdrehbänken.

Die Gusssachen und schweren Theile bezog Dinnendahl von der Gute Hoffnungshütte in Sterkrade, ein schon lange bestehendes Hüttenwerk, das auch mehrere vom Wasserrad betriebene grössere Drehbänke hatte und an Dinnendahl die ausgebohrten Cylinder lieferte. Dieser baute dann die Maschinen in derselben Weise fertig wie früher der Bergassessor Bückling. Da es lediglich Wasserpumpmaschinen waren, so bestanden dieselben ausser den von Sterkrade gelieferten Gussstücken nur aus dem hölzernen Balancier von schweren eichenen Balken und einigem schmiedeeisernen Gestängewerk.*)

Die Sterkrader Gute Hoffnungshütte gehörte zu der Zeit der Wwe. Krupp zu Essen; am 14. September 1808 verkaufte diese die Hütte an die Firma Jacobi, Haniel & Huyssen, die damals schon die Eisenhütte Neuessen bei Oberhausen, sowie die St. Antonihütte bei Osterfeld in Besitz hatte.

Die Bücher der Firma Jacobi, Haniel & Huyssen geben uns Aufschlüsse über die ersten in Westfalen gebauten Dampfmaschinen.

Wir finden im Warenverkaufs-Journal folgende Aufzeichnungen: geliefert an Franz Dinnendahl zu Essen im September 1808: Kolben, Ventile, Klappen zu einer Dampfmaschine für Aachen; desgl. für Büderich; im Jahre 1809/10 Schwungrad, Cylinder, Kolben, Ventile, Klappen für Rosendelle; desgl. für Essen; desgl. für Büderich; desgl. für Zeche Mark; desgl. für Dreck Herrenbank; im August 1811 Cylinder und Maschinentheile für Zeche Gewalt; im März 1812 desgl. für Zeche Wiesche; im April 1812 desgl. für Zeche Caroline; im Februar 1813 desgl. für Zeche Kleflappe; im December 1816 Cylinder, Ventile u. s. w. an Wilhelm Dinnendahl; dann wieder an Franz Dinnendahl im October 1818 2 Cylinder, 1 Luftpumpe u. s. w. zur Fördermaschine für Zeche Sonnenschein. Ob jene Maschine aus dem Jahre 1808 die erste war, welche Franz Dinnendahl baute, habe ich nicht ermitteln können. Da aber die Theile zu derselben in demselben Monat schon im Warenausgangs-Journal der Firma Jacobi, Haniel & Huyssen figuriren, in welchem diese das Werk von der Wwe. Krupp übernommen, so ist wohl anzunehmen, dass diese Stücke der Gute Hoffnungshütte schon früher bestellt waren, und dass es auch wohl möglich, dass Dinnendahl auch vorher schon Aehnliches von dort bezogen.

Erst im Jahre 1819 wurde unter Leitung des damaligen Dirigenten, späteren Commerzienrath Herrn Lueg, die erste vollständige Maschine auf diesem Werke gebaut, eine doppelt wirkende Gebläsemaschine von 18 Zoll Cylinderdurchmesser zum eigenen Gebrauch. Von da ab begann die eigentliche Maschinenbauthätigkeit der Firma Jacobi, Haniel & Huyssen, die sich zu so grosser Bedeutung namentlich für den Bergbau entfaltete. (Die vorhin gemachten Angaben verdanke ich sämmtlich der Güte des Ingenieur Lueg, Firma Haniel & Lueg zu Düsseldorf, Sohn des vorerwähnten Herrn Commerzienrath Lueg.)

In demselben Jahre 1819 begann auch unser allverehrter früherer Abgeordneter, der alte Fr. Harkort seine Maschinenfabrikation zu Freiheit-Wetter, unter Heranziehung englischer Arbeiter.

Diese Harkort'sche Maschinenfabrikation (später

*) Vergl. auch No. 28, 1878 der Wochenschrift des Vereines. D. Red.

Stuckenholz) wurde namentlich durch ihre Kesselschmiede für das ganze Land besonders wichtig, und man kann sie als Pflanzschule für die gesammte rheinisch-westfälische Dampfkesselschmiederei ansehen. Wie mir der alte Harkort mittheilte, wurde zu Zeiten, als er seine Fabrik begann, die Herstellung dichter Dampfkessel noch als ein grosses Kunststück betrachtet, denn erstens waren damals die Eisenplatten zu deren Herstellung noch sehr klein, und dann gab es gelernte Kesselschmiede noch gar nicht, so dass es nur durch Zwischenlegen von Leinwand und sonstigen Pfuschmitteln gelang, dampfdichte Fugen zu erzielen.

Die Harkort'sche Kesselschmiede zu Wetter war diejenige, die unter Anleitung der aus England herübergeholten Vorarbeiter zuerst tüchtige Kesselschmiede in Deutschland heranbildete. Die nachherigen bedeutendsten Kesselfabrikanten unserer Gegend sind aus dieser Schule hervorgegangen, z. B. Moll, Stuckenholz, Berninghaus, Pullmann. Von diesem Zeitpunkte kann man denn auch erst eigentlich den Beginn der Maschinenfabrikation in Deutschland datiren, denn die Franz Dinnendahl'sche Werkstätte war wol kaum mit dem Namen Maschinenfabrik zu bezeichnen.

Ebenso wie der Name des alten Harkort nun mit der Einbürgerung des Dampfmaschinenbaues in Deutschland verwebt ist, so gab derselbe auch zu manchen anderen Fabrikationszweigen die Anregung und den ersten Anstoss; beispielsweise war er es auch, der im Jahre 1827 das erste Puddelwerk in Westfalen, ebenfalls auf Freiheit-Wetter, ins Leben rief.

Es erging ihm jedoch bei allen seinen vielen Unternehmungen wie so Vielen, welche bahnbrechend ihrer Umgebung vorauseilend, neue Dinge aufgreifen und einführen wollen. Die unvermeidlichen, oft fehlschlagenden Experimente sowie das ebenso unvermeidliche sonstige Lehrgeld zehrten die Geschäftsresultate mehr als auf. Er selbst erzielte von allen seinen Mühen und Arbeiten keinen anderen Gewinn als das erhebende Bewusstsein, Mitbegründer und Urheber einer sich weit ausdehnenden Industrie gewesen zu sein, die später Hunderttausenden von Menschen Verdienst und Existenz gewährte.

Erst in ganz später Zeit erhielt Harkort durch den günstigen Verkauf seines Antheils an den Gruben der sogenannten rothen Berge bei Schwelm wieder die Mittel, die sein jetziges Greisenalter von den oft drückenden Sorgen seines früheren thatenreichen Lebens befreiten.

(Schluss folgt.)

---

# Verbesserter Regulir- und Absperr-Apparat für Dampfmaschinen.*)
## Dr. R. Proell's D. Patent.

Von Dr. **Proell** und **Scharowsky** in Dresden.

(Hierzu Fig. 1 bis 3, Tafel VII.)

Im Band XXII, S. 129 d. Z. veröffentlichten wir einen Aufsatz, betitelt „Ueber zwei neue Regulatoren und deren Combinationen mit einem Regulir- und Absperrventil“, in dessen zweiter Hälfte wir eine eingehende Beschreibung unserer damals vom Eisenwerk Lauchhammer ausgeführten Regulir- und Absperr-Apparate für Dampfmaschinen gaben. Die Fabrikation derselben geschah nach drei Modellen.

Aus der in jenem Aufsatz beschriebenen und besonders für Locomobilen bestimmten Construction unserer Apparate hat sich nun ein Modell entwickelt, das nicht allein die drei früheren vollständig zu ersetzen im Stande ist, sondern auch im Einzelnen wesentliche Vereinfachungen und Verbesserungen zeigt. Dieselben beziehen sich besonders auf die Construction des Ventils, die Absperrvorrichtung und die Vervielfachung der Energie zur Ueberwindung der nicht unerheblichen Widerstände, welche eine dampfdicht angezogene Stopfbuchse der Verstellung des Ventils, also auch dem Ausschlage des Regulators entgegensetzt.

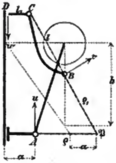
Der Apparat ist mit einem doppelsitzigen Rohrventil $v$, Fig. 1, Taf. VII, versehen, welches an die von oben durch die Stopfbuchse tretende Regulirstange $r$ lose aufgehängt ist. Ein über dem Ventil befindlicher Stellring $s$ überträgt jeden in die Regulirstange vom Regulator oder der Absperrvorrichtung gebrachten Druck unmittelbar auf das Ventil. Die Regulirstange tritt axial in die Regulatorspindel und ist an ihrem obersten Ende mit einem Kopf $K$ versehen. Dieser Kopf, zwischen je eine Mutter und Gegenmutter eingepasst, nimmt an der Rotation des Regulators theil, während dieselbe auf die Regulirstange nicht übertragen wird. Der Kopf wird beiderseits von den Knaggen der Hängeschienen des Regulators gefasst. Die im Zapfen $z_1$ entstehende Energie pflanzt sich durch den Kugelträger auf den unteren Zapfen $z_2$ der Hängeschienen fort und tritt dann im Verhältniss der bezw. Hebelsarme der Hängeschiene $l$ vergrössert in den Kopf der Regulirstange und somit in diese. In dem Masse wie der Weg der Belastungsurne (bezw. der Zapfen $z_1$) grösser ist als die Verschiebung der Regulirstange, in dem Masse ist die in dieser auftretende Energie grösser als in jener.

Die Grösse dieser Energie berechnet sich in einfachster Weise wie folgt:

In beifolgender Figur ist der halbe Gelenkmechanismus des Proell'schen Regulators skizzirt. Construiren wir in bekannter Weise den Pol $\mathfrak{P}$ (augenblickl.

*) Ueber diesen Apparat hielt Herr Dr. R. Proell in München in der mechanischen Sectionssitzung der XIX. Hauptversammlung u. A. einen Vortrag. (D. Red.)

Drehpunkt, Momentancentrum) und bezeichnen die Bahngeschwindigkeiten der Punkte $A$, $B$ und $D$ mit $u$, $v$ und $w$,




ebenso die Geschwindigkeitsradien $\mathfrak{P}A$ mit $\varrho$, $\mathfrak{P}B$ mit $\varrho_1$, die Strecke $CB$ mit $l$ und die Strecke $CD$ mit $l_1$, so folgt aus der zwangläufigen Verschiebung des Systems

$$\frac{u}{v} = \frac{\varrho}{\varrho_1} \quad . \quad . \quad (1),$$

andererseits folgt nach dem Hebelgesetz für den um $C$ beweglichen Hängearm

$$\frac{v}{w} = \frac{l}{l_1}$$

und durch Multiplication beider Gleichungen

$$\frac{u}{w} = \frac{\varrho}{\varrho_1} \frac{l}{l_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Nennen wir nun die in $A$ beiderseits auftretende Energie $E$ und die im Punkte $D$ beiderseits an die Regulirstange abgegebene Energie $E_1$, so muss offenbar sein

$$E u = E_1 w,$$

also

$$\frac{E_1}{E} = \frac{u}{w} = \frac{\varrho}{\varrho_1} \frac{l}{l_1},$$

woraus

$$E_1 = E \frac{\varrho}{\varrho_1} \frac{l}{l_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

folgt. Bezeichnen wir mit $\varepsilon$ den Unempfindlichkeitsgrad, wobei

$$\varepsilon = \frac{w_1^2 - w^2}{2 w^2}$$

ist (es bedeutet $w$ die normale, $w_1$ die vermehrte Winkelgeschwindigkeit der Regulatorspindel bezw. der Maschine), mit $h$ die in Fig. 1 eingezeichnete geometrische Strecke, mit $P$ das Kugelgewicht und mit $g$ die Beschleunigung der Schwere, so ist wie a. a. O. hergeleitet (s. Dingler's „Polytechn. Journ.“ Bd. 227, S. 13 ff.)

$$E = 2 h P \frac{w_1^2 - w^2}{g},$$

oder wenn wir beiderseits mit $2 w^2$ dividiren

$$\frac{E}{2 w^2} = \frac{2 h P}{g} \cdot \frac{w_1^2 - w^2}{2 w^2} = \frac{2 h P}{g} \cdot \varepsilon,$$

also

$$E = 4 h P \cdot \varepsilon \cdot \frac{w^2}{g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Setzen wir diesen Werth in Gleichung (3) ein, so folgt

$$E_1 = 4 h P \cdot \varepsilon \cdot \frac{w^2}{g} \cdot \frac{\varrho}{\varrho_1} \frac{l}{l_1}.$$

Für den kleinsten Regulir- und Absperr-Apparat mit einem inneren Dampfrohrdurchmesser von $25^{mm}$ ist

$$P = 1{,}3^k$$

und für die mittlere Lage in Millimeter

$$h = 111; \quad \frac{g}{w^2} = 52{,}9$$

entsprechend einer mittleren Umgangszahl von $n = 160$ pro Minute; $\varrho = 128{,}5$; $\varrho_1 = 117$; $l = 108$; $l_1 = 23$; somit folgt für $\varepsilon = {}^1/_{40} = 0{,}025$

$$E_1 = \frac{4 \,.\, 111 \,.\, 1{,}3}{40 \,.\, 34{,}9} \cdot \frac{128{,}5}{117} \cdot \frac{108}{23}$$

$$E_1 = 0{,}413 \,.\, 5{,}17 = 2{,}13^k.$$

Die erste Zahl giebt die in der Urne bei $^1/_{40}$ Tourenänderung auftretende Energie, die zweite Zahl die Vervielfachung an. Letztere ist sonach sehr bedeutend. Bei dem (kleinsten) Apparat resultirt eine Energie von $2{,}13^k$ für die Ventilstange (Durchmesser $= 9^{mm}$), welche als hinreichend gross für die Stopfbuchse sich erwiesen hat. Die Erhebung der Urne beträgt im Ganzen nur $20^{mm}$.

Für den Regulir- und Absperrapparat grösster Sorte d. i. für einen Rohrdurchmesser von 175 bis $225^{mm}$ ergeben sich die bezüglichen Grössen wie folgt. Es ist $P = 8{,}4^k$ und bei mittlerer Lage des Regulators $h = 215 \cdot \frac{g}{w^2} = 89{,}5$ entsprechend einer Umdrehungszahl von 100 pro Minute

$$\frac{\varrho}{\varrho_1} = \frac{289}{239} = 1{,}21$$

$$\frac{l}{l_1} = \frac{216}{58} = 3{,}76,$$

somit folgt für $\varepsilon = {}^1/_{40}$

$$E = \frac{4 \,.\, 215 \,.\, 8{,}4}{40 \,.\, 89{,}5} \cdot 1{,}21 \cdot 3{,}76$$

$$E = 2{,}02 \,.\, 4{,}52 = 9{,}13^k.$$

Auch diese Energie genügt vollkommen, um die Stopfbuchsenreibung an einer Ventilstange von $16^{mm}$ Durchm. zu überwinden. Die totale Erhebung der Urne beträgt an diesem Apparat etwa $80^{mm}$. In beiden Fällen ist der Durchmesser des Rohrventils so bemessen, dass bei voller Eröffnung desselben, also bei tiefster Lage des Regulators der freie Ventilquerschnitt noch grösser ist als der Querschnitt des Dampfzuleitungsrohres.

Mit Rücksicht auf die vorstehend berechneten Werthe dürfen wir wohl behaupten, dass in Bezug auf Empfindlichkeit und Grösse der Energie die beschriebenen Apparate ähnliche Constructionen übertreffen. Und thatsächlich ist auch durch vielfache Ausführungen bewiesen, dass eine Energie von $2{,}13^k$ im Min. und eine solche von $9{,}13^k$ im Max. (bezogen auf $^1/_{40}$ Tourenänderung) vollkommen genügt, um eine schnelle Verstellung des Ventils trotz erheblicher Stopfbuchsenreibung zu bewirken; die Folge davon ist denn auch, dass die Regulirung von Maschinen, welche mit diesen Apparaten ausgerüstet sind, sehr exact und präcise vor sich geht.

Während der Apparat functionirt, ruht der am Gestell des Apparates gelagerte Daumen $d$ auf dem Stellring $T$ der Ventilstange und nimmt, während die Spindel des Absperrhandrades $H$ ganz zurückgeschraubt ist, zwanglos an der Verschiebung der Ventilstange theil. Behufs Abstellung der Maschine ist dann nur nöthig, das Handrad $H$ rechts zu drehen, wodurch der Daumen $d$ umgelegt und das Ventil fest in seine Sitzflächen gepresst wird. Der Regulator wird dabei natürlich in seine höchste Lage gehoben und daselbst festgestellt.

Wie Fig. 1 zeigt, kann der Apparat behufs Reinigung und zum Nachsehen des Ventils in leichtester Weise aus einander genommen werden.

Nach Lösung des unter dem horizontalen Antriebrade befindlichen und mit einer kleinen Stellschraube

versehenen Stellringes *S* kann die Regulatorspindel sammt Regulator aus dem Gestell des Apparates herausgehoben werden. Das Antriebrad ist zu dem Ende nur lose mit Feder und Nuth aufgesteckt. Bei *b* befindet sich das Lager für den Kopf der Regulatorspindel. Im Falle hier mit der Zeit eine Abnutzung und Senkung des Regulators eintreten sollte, ist nur nöthig, den erwähnten Stellring ein wenig zu drehen. Da die Stellschraube in eine schraubenförmige Nuth greift, so hebt sich gleichzeitig der Stellring. Das Antriebrad wird ebenfalls gehoben und dadurch ein durch die Senkung der Regulatorspindel eventuell hervorgerufenes Reiten der Zähne auf einander aufgehoben.

Durch Drehung der Muttern auf beiden Seiten des Kopfes der Regulirungsstange ist eine genaue Einjustirung dieser und des Ventils möglich. Der unter dem Kopf befindliche Oelbehälter *O* versieht die Spindel, die Führungssäule der Urne und die Regulirstange an ihren bezw. Anlaufflächen mit Oel. Das überschüssige und gebrauchte Oel sammelt sich in der kegelförmigen Vertiefung des Ventildeckels. Infolge dessen wird der Apparat von aussen vollständig ölrein gehalten.

Der hohle Raum in der Urne gestattet durch Eingiessen von Blei eine genaue Justirung der Umdrehungszahl; der conaxiale Aufbau des Apparates auf dem Ventil erlaubt eine beliebige Verdrehung des Obertheils gegen das Ventil, so dass von jeder Seite aus der Riemen zum Apparat geführt werden kann.

Es mag hier noch eine besondere Eigenschaft des Ventils erwähnt werden, die bei der Anwendung des Apparates voll beachtet werden muss.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ventil muss der Dampf stets seitwärts ein- und in der Axe des Ventils austreten. Gesetzt man wollte den Dampf umgekehrt in der Axe des Ventils ein- und seitlich ausführen, so würde, wenn infolge übernormaler Geschwindigkeit der Regulator das Ventil fast geschlossen hält, also die Sitzflächen beinahe zur Berührung gelangen, nur wenig Dampf in den Cylinder gelangen. Der Kolben im Cylinder würde, von der Kurbel gezogen, wie ein Saugkolben wirken, also das Ventil ansaugen, welche Wirkung noch durch den in das Ventil axial eintretenden Dampf wesentlich verstärkt werden würde. Dieses Ansaugen würde so lange dauern, bis infolge stetig abnehmender Geschwindigkeit die Urne des Regulators über die Saugkraft des Ventils das Uebergewicht bekommt. Dann fällt der Regulator plötzlich in seine tiefste Lage, reisst dadurch das Ventil vollständig auf, und giebt vollen Dampf. Der verlangsamte Lauf der Maschine beschleunigt sich, ihre Geschwindigkeit wird übernormal und das vorhin beschriebene Spiel wiederholt sich. So bleibt die Maschine in fortwährenden unaufhörlichen Schwankungen, und dass unter solchen Verhältnissen auch der best gearbeitete Apparat bei Seite gelegt würde, bedarf weiter keiner Begründung.

Dieser Uebelstand lässt sich vollständig vermeiden, wenn der Dampf in richtiger Weise, wie schon angeführt, durch das Ventil geleitet wird, also seitlich zum Ventil hinein und in der Axe desselben hinaus; denn in diesem Falle wirkt, wenn bei übernormaler Geschwindigkeit der Regulator das Ventil fast geschlossen hält, die Saugkraft des Cylinders stets auf Oeffnen des Ventils. Die Verstellung des Ventils wird dann nur wenig (und in einem der Regulirung günstigen Sinne) vom Cylinder der Maschine beeinflusst.

Es kann nun aber unter Umständen dennoch sehr zweckmässig sein, den Dampf zum unteren Stutzen hinein und zum Seitenstutzen hinaus zu leiten, insbesondere, wenn die Dampfrohrleitung zur Maschine einen derartigen Weg vorschreibt. In diesem Falle wird der Ventilrumpf mit eingegossenen Canälen versehen, wie Fig. 3 zeigt. Die eingezeichneten Pfeile deuten an, wie der Dampf die Canäle und schliesslich das Ventil passirt. Der Dampf tritt genau wie im ersten Falle in den äusseren Rohrraum des Ventils und in der Axe desselben aus.

Besondere auf dem Eisenwerk Lauchhammer vorgenommene Versuche haben diesen Vorgang zur Erscheinung gebracht. Es wurde an der dortigen Betriebsmaschine mit Fleiss der Dampf verkehrt durch das Ventil geleitet. Infolge dessen gerieth die Maschine in unaufhörliche und sehr erhebliche Schwankungen. Als nun wieder der Dampf richtig durch das Ventil geleitet wurde, erfolgte die Regulirung der Maschine durch den Apparat in exactester Weise.

Das Eisenwerk Lauchhammer fertigt den vorstehend beschriebenen wesentlich verbesserten und vereinfachten Regulir- und Absperrapparat in 17 Grössen für Rohrdurchmesser von 25 bis $225^{mm}$; die bei $^1/_{40}$ Tourenänderung in der Ventilstange auftretende Energie liegt zwischen den Grenzen von rund 2,1 und $9^k$.

# Ueber Turbinen.

Von **J. C. Bernhard Lehmann**, Maschinenfabrik-Director in Erfurt.

(Fortsetzung von Seite 31.)

## III. Ueber den Reibungswiderstand an Turbinenachsen und über Zapfenbelastung.

Die Ermittelung des Reibungswiderstandes an Turbinenachsen mittelst theoretischer Berechnung würde, wenn man praktische Zwecke im Auge behält, eine von keinem anwendbaren Resultate begleitete Arbeit sein, weil in einer solchen theoretischen Behandlung Annahmen gemacht werden müssten, die ziemlich willkürlich sein und nach den verschiedenen Richtungen der praktischen Umstände hin abweichend ausfallen würden, so dass die gewonnenen Rechnungsresultate mit einer

unzuverlässigen Anwendbarkeit für die Praxis behaftet wären.

Ueber den Effectverlust durch die Achsenreibung finden wir folgende Angaben: Treviranus ermittelt in seiner 1851 erschienenen Schrift „Ueber Reactions-Wasserräder" an der von ihm untersuchten schottischen Turbine den Verlust durch Achsenreibung zu etwa 5 pCt. des Werthes der absoluten Wasserkraft.

Professor Schmidt, dem wir eine sehr eingehende Behandlung der Turbinen verdanken, nimmt in seiner 1862 erschienen Schrift „Ueberblick der verschiedenen Turbinentheorien" den Kraftverlust durch den Wasserverlust durch den Spalt, ferner durch die Reibung des Laufrades im Wasser bezw. in der Luft, endlich durch die Reibung der Welle im Spur- und Halslager zusammen zu 7 pCt. an, so dass der Achsenreibungsverlust allein 4 bis 5 pCt. gesetzt werden dürfte. Derselben Annahme von Schmidt schliessen sich an Professor Werner in seiner 1869 erschienenen „Theorie der Turbinen, Kreiselpumpen und Ventilatoren", sowie Professor v. Reiche in seinem 1877 erschienenen Werke „Die Gesetze des Turbinenbaues".

Ministerialrath v. Rittinger führt in seinem, 1865 in zweiter Auflage erschienenen Werke „Theorie und Bau der Rohrturbinen" nach den genauesten Untersuchungen seiner verschiedenen Versuchsturbinen die Zapfenreibung mit 4 bis 5 pCt. des Nutzeffectes an, was bei den von ihm ermittelten Wirkungsgraden von 70 und 71 pCt. einem Verlust von 2,8 und 3,5 pCt. von dem Werthe der absoluten Wasserkraft entspricht.

Endlich beziffert Professor Fink in seiner 1877 erschienenen „Theorie und Construction der Turbinen" den Verlust durch Zapfen- und Lagerreibung, sowie den Verlust durch die Fuge mit $3^3/_4$ pCt. bei den Axial- und mit 2 pCt. bei den Radialturbinen, letzterer Werth ohne Berücksichtigung des Verlustes durch die Fuge.

Die hier angeführten Werthe schwanken zwischen 2 und 5 pCt. und sind zum Theil nur Annahmen.

Ich habe zur Ermittelung des Kraftverlustes durch die Achsenreibung directe Versuche an einer grossen Anzahl von Turbinen angestellt und will deren Ergebnisse hier mittheilen. Ich gebrauche mit Absicht die Bezeichnung Achsenreibung, weil ich in derselben die Summe sämmtlicher Reibungswiderstände, nämlich des Reibungswiderstandes im Spurzapfen, des an der unteren und an der oberen Achsenführung und bezw. des an der Liderungsmanschette am Leitradboden begreife. Gewöhnlich spricht man nur von der Spurzapfenreibung, und allerdings sollte diese bei einer symmetrisch gebauten, in ihren beweglichen Theilen äquilibrirten und nicht einseitig beaufschlagten Turbine die einzige sein und an den Halslagerführungen nur ein Adhäsionswiderstand stattfinden. Aber die Turbinen sind nichts weniger als ideale Maschinen und die durch den nothwendigen Anzug der Halslagerführungen entstehende Reibung zwischen der Achse und den Halslagerflächen ist nicht ausser Betracht zu lassen. Ich habe diese Gesammtreibung nun dadurch ermittelt, dass ich um das obere Abtriebsrad oder die Abtriebsriemscheibe eine Schnur legte, dieselbe über eine Rolle führte und an dem freien verticalen Schnurende so lange Gewichte anhing, bis die Turbine in eine langsame Bewegung versetzt wurde. Auf diese Weise wurde also nahezu der Reibungswiderstand der Ruhe ermittelt; durch die Verwendung dieses Werthes zur Berechnung des Kraftverlustes kann derselbe jedenfalls nicht zu klein ausfallen, da der Reibungscoefficient der Ruhe fast bei allen Materialien grösser als der der Bewegung ist. Die von mir auf diese Weise ermittelten Werthe dürften auch deshalb Anspruch auf eine für die Praxis vertrauenswerthe Anwendbarkeit zu machen berechtigt sein, weil ich nur Turbinen zur Untersuchung zog, die bis zu dem Augenblicke derselben sich im Betriebe befanden; die Turbinenachsen hatten also den dem Betriebe angemessenen Lageranzug und die für den Betrieb geeignete Schmierung; an diesen beiden Zuständen wurde nichts geändert.

Während der Zapfenreibungscoefficient von den meisten Autoren, so auch von Armengaud aîné in seinem „Traité des Moteurs hydrauliques" mit 0,075 angenommen wird, so ergiebt sich im grossen Durchschnitt aus meinen Versuchen 0,1 als Achsenreibungscoefficient, bezogen auf den Reibungsradius des Spurzapfens, und es sind daher in diesem höheren Werthe die Halsreibungswiderstände mit ausgedrückt. Der Werth 0,1 ist den nachfolgenden Berechnungen zu Grunde gelegt worden, mit Ausnahme der für Turbinen mit horizontaler Achse; für diese ergeben die Versuche 0,054.

Der Kraftverlust durch die Achsenreibung ist wesentlich mit abhängig von der Construction der Reibungstheile und es müsste als eine unzulässige Ungenauigkeit angesehen werden, wenn man ganz allgemein von einem procentalen Kraftverlust durch die Reibung sprechen, nicht aber hierbei auf die Construction des Zapfens Rücksicht nehmen wollte. Ich werde daher bei den mitzutheilenden Versuchs- bezw. Rechnungsresultaten die Turbinen- und Zapfenconstructionen, für welche erstere gelten, mit anführen. Ueber die Ausführung der Berechnungen sei noch Folgendes bemerkt: Die bei Berechnung der Arbeitsleistung des Reibungswiderstandes einzuführenden Gewichte der belastenden Maschinentheile sind meistens mittelst Wägung bestimmt und in den Fällen, in welchen der Wasserdruck noch als Belastung zu berücksichtigen ist, wurde derselbe bei den Axialturbinen, der Gefällhöhe entsprechend, auf die ganze zu beaufschlagende Fläche, bei den Radialturbinen gleich dem Gewichte des im Laufrade befindlichen Wasserkörpers angenommen. In Wirklichkeit ist die Wasserbelastung etwas kleiner, aber die Einführung des wirklichen Druckes würde eine umfängliche, für die hier ins Auge gefassten praktischen Zwecke nutzlose Arbeit erfordert haben. Ebenso ist von der Beachtung der, durch den hydrostatischen Auftrieb verursachten Gewichtsverminderung der im Wasser tauchenden beweglichen Theile Abstand genommen worden. Diese beiden letzteren Umstände führen also wiederum zu

Resultaten, welche hierdurch nicht als zu niedrig ermittelt betrachtet werden können.

Von jeder Gattung Turbinen, sowie von jeder Zapfenconstruction habe ich eine grössere Anzahl verschieden grosser Turbinen, im Ganzen über 100 Turbinen zur Berechnung gezogen, es wird jedoch genügen, nur für die wichtigsten Constructionen die Tabellen mit ihren Einzelwerthen hier folgen zu lassen, nämlich für Axialturbinen mit Unterzapfen und mit Fontaine'schem Zapfen, für Radialturbinen mit innerer Beaufschlagung und Unterzapfen, und für Radial-Partialturbinen mit innerer Beaufschlagung und horizontaler Welle.*)

*) Die in diesen 4 Tabellen aufgenommenen Turbinen sind sämmtlich aus dem Etablissement von H. Quova & Co. in Erfurt hervorgegangen.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Constructions-Verhältnisse der Turbinen | | | | Spurzapfen-Belastungen | | | Spurzapfen-Verhältnisse | | | Belastung auf den Quadratmillimeter des Spurzapfens | | | Reibungswiderstände | | |
| No. | Gefälle m | Pferdestärken | Mittlerer Durchmesser m | Umdrehungen in einer Minute | Belastung durch die Maschinentheile k | Belastung durch den Gefälldruck auf das Laufrad k | Gesammtbelastung k | Durchmesser des Spurzapfens mm | Zapfenfläche nach dem Durchmesser qmm | Effective Reibungsfläche des Zapfens qmm | Belastung auf den Quadratmillimeter der Fläche unter 10 k | Belastung auf den Quadratmillimeter der Fläche unter 11 k | Verhältniss der Flächen 11 zu 10 bezw. Belastungen 12 und 13 | Spurzapfen-Reibung in Pferdestärken | Gesammtreibung in Pferdestärken | Procentaler Betrag der Gesammtreibung von der absoluten Wasserkraft |
| **I. Axial-Vollturbine mit verticaler schmiedeeiserner Welle und Spurzapfen am unteren Wellenende. Fig. 8, 9 und 10.** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1,080 | 1 | 0,470 | 94 | 145 | 113 | 258 | 25 | 490 | 400 | 0,586 | 0,645 | 0,916 | 0,0211 | 0,0882 | 0,0187 |
| 2 | 3,610 | 10,5 | 0,500 | 165 | 326 | 454 | 780 | 35 | 962 | 850 | 0,910 | 0,917 | 0,883 | 0,1571 | 0,8095 | 0,0139 |
| 3 | 1,880 | 10 | 0,900 | 64 | 886 | 714 | 1600 | 50 | 1963 | 1700 | 0,815 | 0,841 | 0,886 | 0,1785 | 0,238 | 0,0168 |
| 4 | 9,400 | 36 | 0,600 | 200 | 689 | 1506 | 2195 | 60 | 2827 | 2500 | 0,776 | 0,878 | 0,884 | 0,9187 | 1,285 | 0,0238 |
| 5 | 3,860 | 25 | 0,800 | 90 | 1505 | 1449 | 2954 | 70 | 3848 | 3400 | 0,767 | 0,868 | 0,888 | 0,6487 | 0,865 | 0,0242 |
| **II. Axial-Vollturbine mit verticaler hohler gusseiserner Welle und Fontaine'schem Spurzapfen am oberen Wellenende. Fig. 16, 17 und 18.** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2,270 | 25 | 1,300 | 50 | 1982 | 1762 | 3744 | 80 | 5026 | 4380 | 0,745 | 0,855 | 0,871 | 0,5880 | 0,696 | 0,0195 |
| 2 | 1,100 | 10 | 1,250 | 32 | 2633 | 1166 | 3799 | 80 | 5026 | 4380 | 0,755 | 0,867 | 0,871 | 0,389 | 0,458 | 0,0816 |
| 3 | 1,780 | 20 | 1,400 | 41 | 2198 | 1858 | 4056 | 80 | 5026 | 4380 | 0,607 | 0,926 | 0,871 | 0,4635 | 0,618 | 0,0816 |
| 4 | 2,800 | 34,5 | 1,400 | 48 | 2523 | 2023 | 4546 | 80 | 5026 | 4380 | 0,904 | 1,038 | 0,871 | 0,609 | 0,812 | 0,0184 |
| 5 | 1,020 | 15 | 1,880 | 23 | 3238 | 1747 | 4985 | 80 | 5026 | 4380 | 0,891 | 1,188 | 0,871 | 0,8195 | 0,428 | 0,0199 |
| 6 | 3,060 | 50 | 1,400 | 58 | 2685 | 2423 | 5108 | 80 | 5026 | 4380 | 1,016 | 1,166 | 0,871 | 0,798 | 1,064 | 0,0149 |
| 7 | 12,000 | 100 | 0,800 | 175 | 1815 | 3468 | 5283 | 80 | 5026 | 4380 | 1,051 | 1,806 | 0,871 | 2,579 | 3,439 | 0,0240 |
| 8 | 3,480 | 50 | 1,200 | 62 | 3003 | 2842 | 5845 | 80 | 5026 | 4380 | 1,162 | 1,334 | 0,871 | 1,011 | 1,348 | 0,0188 |
| 9 | 2,050 | 39 | 1,780 | 36 | 3532 | 2833 | 6365 | 100 | 7854 | 6850 | 0,885 | 0,988 | 0,872 | 0,7987 | 1,065 | 0,0191 |
| 10 | 1,730 | 30 | 1,750 | 33 | 4490 | 2473 | 6963 | 100 | 7854 | 6850 | 0,886 | 1,085 | 0,878 | 0,801 | 1,068 | 0,0849 |
| 11 | 2,270 | 46 | 1,580 | 33 | 3678 | 3888 | 7566 | 105 | 8659 | 7600 | 0,873 | 0,985 | 0,877 | 0,9148 | 1,819 | 0,0185 |
| 12 | 1,870 | 40 | 1,800 | 30 | 4886 | 3066 | 7952 | 105 | 8659 | 7600 | 0,918 | 1,046 | 0,877 | 0,8787 | 1,165 | 0,0204 |
| 13 | 1,460 | 38 | 1,880 | 27 | 5713 | 2932 | 8645 | 105 | 8659 | 7600 | 0,998 | 1,187 | 0,877 | 0,8542 | 1,189 | 0,0808 |
| 14 | 1,250 | 35 | 2,400 | 22 | 7074 | 3478 | 10552 | 105 | 8659 | 7600 | 1,218 | 1,388 | 0,877 | 0,8497 | 1,183 | 0,0886 |
| 15 | 1,490 | 38 | 2,000 | 28 | 7805 | 3340 | 11145 | 120 | 11309 | 9860 | 0,985 | 1,180 | 0,871 | 1,8057 | 1,741 | 0,0380 |
| 16 | 2,850 | 80 | 2,800 | 33 | 6655 | 5036 | 11691 | 120 | 11309 | 9860 | 1,033 | 1,185 | 0,871 | 1,6147 | 2,158 | 0,0188 |
| 17 | 14,000 | 500 | 1,600 | 101 | 11568 | 26743 | 38311 | 160 | 20106 | 18200 | 1,905 | 2,105 | 0,905 | 21,591 | 28,788 | 0,0403 |
| 18 | 14,000 | 500 | 1,600 | 101 | 11568 | 26743 | 38311 | 210 | 34636 | 32000 | 1,106 | 1,197 | 0,928 | 28,885 | 37,78 | 0,0598 |
| **III. Radialturbinen mit innerer Beaufschlagung, verticaler schmiedeeiserner Welle und Spurzapfen am unteren Wellenende. Fig. 8 und 9.** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 9,900 | 24 | 1,000 | 115 | 687 | 22 | 709 | 45 | 1590 | 1230 | 0,446 | 0,576 | 0,773 | 0,1029 | 0,1706 | 0,005 |
| 2 | 9,500 | 20 | 0,800 | 154 | 801 | 18 | 819 | 45 | 1590 | 1230 | 0,515 | 0,666 | 0,778 | 0,1979 | 0,2889 | 0,009 |
| 3 | 3,140 | 11 | 1,000 | 77 | 933 | 48 | 981 | 45 | 1590 | 1230 | 0,617 | 0,787 | 0,773 | 0,1185 | 0,1580 | 0,010 |
| 4 | 10,880 | 40 | 1,120 | 110 | 1144 | 25 | 1169 | 60 | 2827 | 2230 | 0,418 | 0,584 | 0,788 | 0,2691 | 0,3588 | 0,006 |
| 5 | 13,000 | 40 | 1,000 | 136 | 1406 | 27 | 1433 | 60 | 2827 | 2230 | 0,507 | 0,648 | 0,788 | 0,4078 | 0,5437 | 0,0095 |
| 6 | 11,800 | 72 | 1,120 | 124 | 2060 | 37 | 2097 | 60 | 2827 | 2230 | 0,741 | 0,940 | 0,788 | 0,5441 | 0,7255 | 0,007 |
| 7 | 9,000 | 126 | 1,700 | 71 | 5175 | 125 | 5300 | 90 | 6362 | 5300 | 0,833 | 1,000 | 0,888 | 1,1811 | 1,5748 | 0,0087 |

Die Turbinen 3 und 7 arbeiteten mit voller, die übrigen mit halber Beaufschlagung.

**IV. Radial-Partialturbinen mit innerer Beaufschlagung und horizontaler schmiedeeiserner Welle.**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Constructions-Verhältnisse der Turbinen | | | | Zapfen-Belastungen | | | Zapfen-Verhältnisse | | | Belastung auf den Quadrat-millimeter der Reibungs-fläche | Zapfen-reibung in Pferde-stärken | Procentaler Betrag der Zapfen-reibung von der absoluten Wasser-kraft |
| No. | Gefälle m | Pferde-stärken | Innerer Durch-messer des Lauf-rades m | Um-drehun-gen in einer Minute | Belastung durch die Ma-schinen-theile k | Belastung durch das Wasser-gewicht im Laufrade k | Gesammt-Belastung k | Durch-messer der Zapfen mm | Länge der Zapfen mm | Effective Reibungs-fläche der Zapfen qmm | k | | |
| 1 | 6,270 | 3,5 | 0,400 | 323 | 40 | — | 40 | 35 | 75 | 8 250 | 0,0048 | 0,0117 | 0,00235 |
| 2 | 12,170 | 5 | 0,766 | 180 | 350 | 20 | 370 | 45 | 65 | 9 191 | 0,0402 | 0,1129 | 0,0152 |
| 3 | 10,000 | 5 | 0,700 | 180 | 280 | 17 | 297 | 50 | 80 | 12 560 | 0,0236 | 0,1008 | 0,0141 |
| 4 | 4,400 | 6 | 0,900 | 100 | 460 | 35 | 495 | 60 | 140 | 26 390 | 0,0187 | 0,1119 | 0,0130 |
| 5 | 6,900 | 8 | 0,900 | 140 | 460 | 29 | 489 | 70 | 140 | 30 786 | 0,016 | 0,1806 | 0,0158 |
| 6 | 5,700 | 15 | 1,000 | 94 | 711 | 46 | 757 | 85 | 150 | 40 050 | 0,0189 | 0,2280 | 0.0106 |

Durch die Widerstände der Axenreibung beträgt der Verlust von dem Werthe der absoluten Wasserkraft:

1) bei von oben heaufschlagten Axialturbinen mit verticaler massiver Welle, mit Unterzapfen Fig. 8, 9 und 10, Manschette am Leitradboden, bei Zapfen von 25 bis $70^{mm}$ Durchmesser (Tabelle I)

bei voller Beaufschlagung

1,4 bis 2,4 pCt.,

bei halber Beaufschlagung

2,3 his 3,6 pCt.;

2) bei von ohen beaufschlagten Axialturbinen mit verticaler, hohler Welle und Fontaine'schem Spurzapfen, Fig. 16, 17 und 18, ohne Manschette am Leitradboden, hei Zapfen von 80 his $120^{mm}$ Durchmesser (Tabelle II)*)

bei voller Beaufschlagung

1,5 bis 3,2 pCt.,

hei halber Beaufschlagung

2,3 bis 5,4 pCt.;

3) bei von oben beaufscblagten Axialturbinen mit verticaler, massiver Welle mit Kamm- oder Ringzapfen, Fig. 19, 14 und 15, Manschette am Leitradboden, bei Zapfen von 40 bis $70^{mm}$ Durchmesser,

bei voller Beaufschlagung

2,1 his 3,4 pCt.,

bei halber Beaufschlagung

2,7 his 4,7 pCt.;

4) bei von inneu beaufschlagten Radialturbinen mit verticaler, massiver Welle, Unterzapfen ohne Liderung, Fig. 8 und 9, bei Zapfen von 45 bis $90^{mm}$ Durchmesser (Tabelle III)

bei voller Beaufschlagung

0,8 bis 1 pCt.,

bei Zapfen von 45 his $60^{mm}$ bei halher Beaufschlagung

0,5 his 0,9 pCt.;

5) bei von innen beaufschlagten Radialturbinen mit verticaler, hohler Welle und Fontaine'schem Spurzapfen, Fig. 16, 17 und 18, bei Zapfen von 50 his $80^{mm}$ Durchmeser,

bei voller Beaufschlagung

0,9 bis 1,2 pCt.;

6) hei von aussen beaufschlagten Radialturbinen mit verticaler, massiver Welle, Unterzapfen mit Liderung Fig. 10 und 11, mit Manschette am Leitradboden, bei Zapfen von 50 bis $70^{mm}$ Durchmesser

hei voller Beaufschlagung

0,9 bis 1,1 pCt.;

7) hei von aussen beaufschlagten Radialturbinen mit verticaler massiver Turbinenwelle, Kamm- oder Ringzapfen, Fig. 19, 14 und 15, ohne Manschette am Leitradboden, bei Zapfen von 60 his $80^{mm}$ Durchmesser

bei voller Beaufschlagung

1,3 his 1,7 pCt.;

8) bei von innen heaufschlagten Radial-Partialturhinen, mit horizontaler Achse und gewöhnlichen Wellenlagern, bei Lagern von 40 bis $90^{mm}$ Durchmesser (Tahelle IV)

1 bis 1,6 pCt. —

Der Kraftverlust durch Achsenreihung hewegt sich also in den Grenzen von 0,8 bis 3,4 hei voll heaufschlagten Turbinen und steigt nur bei der für aussergewöhnliche Verhältnisse construirten, letzten Turbine der Tabelle II auf 5,28 pCt.*)

*) Die beiden letzten Turbinen der Tabelle II werden, da sie für aussergewöhnliche Verhältnisse eingerichtet sind, ausser Betracht gelassen.

*) In der, im Juni 1877 in Hannover stattgefundenen Generalversammlung des Verbandes deutscher Müller und Mühleninteressenten hielt der verdienstvolle Autor, Hr. Professor Rühlmann einen Vortrag über Wassermessungen, in welchem derselbe nach dem (bei Frotscher in Arnstadt erschienenen) stenographischen Bericht anführte:

„Richtig construirte und gut ausgeführte Turbinen müssen mindestens von 100 im fliessenden Wasser enthaltenen Arbeitseinheiten 70 verwenden, eine Zahl, die sich bei gewissen Turbinengattungen bis auf 82, ja bis 84, niemals aber höher steigern lässt, indem die Zapfenreibung durchschnittlich 10 pCt., die hydraulischen Widerstände aber im allergünstigsten Falle mindestens 6 pCt. als unvermeidliche Verluste mit sich führen."

Gegenüber dieser von hochgeschätzter Seite gemachten Angabe möchte ich doch bemerken, dass nach derselben ein Wirkungsgrad von 84 pCt. nicht einmal zu erreichen wäre, da der 3 bis 7 pCt. von der absoluten Wasserkraft betragende Verlust durch den Austritt des

Die stehenden Turbinenzapfen, mit Ausnahme der Kamm- und Ringzapfen bestanden aus einem Spurstift und einer Spurplatte von gehärtetem Gussstahl, in einer Rothgussbuchse befindlich; zwischen dem Spurstift und der Spurplatte liegt eine Zwischenplatte aus harter Bronze; nur in einigen Fällen waren zwei derartige Platten vorhanden. Die Zapfenflächen waren theils eben, theils linsenförmig gewölbt.

Mit Pockholzzapfen, Fig. 12 und 13, wurden nur einige Versuche angestellt, die jedoch erheblich höhere Kraftverluste durch Reibung nachwiesen, als die beschriebenen Metallconstructionen ergaben. —

Wassers aus dem Laufrade, welcher unter die hydraulischen Widerstände doch nicht gezählt werden kann, noch fehlt. Würde man nach Hrn. Rühlmann den Verlust durch die Achsenreibung 10 pCt., die hydraulischen Widerstände, was jedenfalls zu niedrig ist, 6 pCt. setzen und den noch fehlenden Austrittsverlust mit nur 4 pCt. hinzufügen, so betrügen die Gesammtwiderstände 20 pCt., es verbliebe somit ein Wirkungsgrad von nur 80 pCt., statt des von Hrn. Rühlmann für erreichbar gehaltenen von 84 pCt.

Wenn von Turbinenlieferanten in dem Garantiewerthe für den Wirkungsgrad der Verlust durch Achsenreibung ausgeschlossen, bei der Untersuchung der Turbine aber autoritate mit 10 pCt. in Abzug gebracht wird, so kann durch dieses Verfahren der thatsächliche Wirkungsgrad nicht als festgestellt angesehen werden.

In den Tabellen I, II, III sind die Werthe der Zapfenflächen eingestellt und zwar sowol die nach der Berechnung aus dem Zapfendurchmesser, als die nach Abzug der Oelrinnen und Abrundungen verbleibenden effectiven Reibungsflächen; die letzteren betragen etwa 0,85 von den ersteren. Es sind ferner die Belastungen pro Quadratmillimeter auf beide Flächen berechnet worden und es ergiebt sich aus den Tabellen I, II und III, dass wenn von dem hohen Werthe der einen in Tab. II, bei aussergewöhnlichen Verhältnissen stattfindenden Belastung abgesehen wird, die effective Belastung zwischen 0,5 und 1,3$^k$ pro Quadratmillimeter schwankt.

Alle diese Zapfen der hier zur Berechnung gezogenen Turbinen haben sich in vieljährigem Betriebe bewährt, und es kann daher 0,5$^k$ pro Quadratmillimeter in der Praxis keineswegs als höchste Belastungsgrenze gelten, wie Reuleaux dies in seinem „Constructeur" annimmt.*) (Schluss folgt.)

*) Betreffs der Berechnung der Spur- und Kammzapfen unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit verweise ich auf die Formeln der Abhandlung des Professor Grove „Die Berechnung der Trag- und Stützzapfen auf gemeinsamer Grundlage" in den „Mittheilungen des Gewerbevereines zu Hannover", 1876.

# Vermischtes.

## Coksofen.

Von R. Wintzek.

Deutsches Reichs-Patent No. 2005.

(Hierzu Fig. 4 bis 15, Taf. VII.)

Der auf Taf. VII in fünf Verticalschnitten und sieben Horizontalschnitten dargestellte Ofen eignet sich zur Verkokung jeder Art Kohle, selbst magerer und staubiger Kohle.

Das Eigenthümliche und Neue in diesem Ofen besteht in dem unter der Ofensohle befindlichen Luftcanal *h*, welcher durch die aus dem Vercokungsraume *a* abziehenden Gase dieselbe Temperatur wie dieser Raum erhält und daher auch die Luft, welche er dem Vercokungsraum durch Spalten in der Sohle derselben zuführt, entsprechend erwärmt. Infolge der hohen Temperatur der Luft, welche dem Kohlenkuchen zugeführt wird, kommt ein Theil der sich aus demselben entwickelnden Gase unmittelbar zur Verbrennung; hierdurch wird eine raschere und vollkommenere Vercokung erreicht, als dies bei den Coksöfen der bekannten Constructionen möglich ist.

Die Ofenkammer *a* wird während des Betriebes durch die Füllöcher *b* mit Staub bezw. Kleinkohlen beschickt und die eingefüllten Kohlen mittelst eiserner Kratzen durch die an beiden Enden der Ofenkammer angebrachten Verschlussthüren geebnet. Die Thüren bestehen aus zwei Hälften, wovon die untere Hälfte während des Beschickens geschlossen ist, die obere dagegen während des Ebnens der Kohle geöffnet bleibt. Der Kohlenbesatz erreicht in der Ofenkammer eine Höhe von etwa 60$^{cm}$. Die Entleerung des Ofens erfolgt mittelst einer Ausstossmaschine (Presse). Während der Cokungsperiode werden die zur Heizung der Ofenwände zu verwendenden Gase aus der Ofenkammer *a* durch die Züge *c* nach den in der Scheidewand angebrachten Canälen *d*, aus diesen in die unter der Sohle des Luftcanals *h* liegenden Canäle *l*, und aus letzteren durch die aufwärts gehenden Canäle *f* dem gemeinschaftlichen Sammelcanale *g* zugeführt, um durch letzteren in die seitwärts stehende Esse zu gelangen. Die zur Verbrennung der Gase erforderliche Luft wird zugeführt durch die Oeffnungen *i*, den Luftcanal *h* und aus letzterem erhitzt durch die Spalte *r* der Ofenkammer. Erforderlichen Falles kann auch noch durch die an beiden Enden der Scheidewände und im Ofengewölbe angebrachten Oeffnungen *k* Verbrennungsluft zugeführt werden.

Die Regulirung der Gasableitung bezw. Luftzuführung wird durch die im gemeinschaftlichen Sammelcanale *g* angebrachten Horizontalschieber *l* bewirkt. Bei anderen Coksofensystemen wird der Canal *h* (hier Luftcanal) unter der Ofensohle benutzt, um Kohlengase zur Heizung des Ofenbodens durchzuleiten, und der Canal *e* fehlt ganz. Bei meinen Oefen erfolgt die Heizung des Bodens durch die Seitenwände, aus welchem Grunde die Ofenkammer nach dem Boden zu enger gemacht ist.

## Entlastetes Dampfventil.

Von R. M. Daelen in Düsseldorf.

Deutsches Reichs-Patent No. 904.

(Hierzu Fig. 6, Taf. V.)

In den Rohrleitungen für Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten unter starkem Druck werden zum Absperren Ventile angewendet, und es müssen dieselben bei Ueberschreitung eines gewissen Durchmessers (200$^{mm}$) mit einer Einrichtung zur Entlastung des darauf wirkenden Druckes versehen sein, um das Oeffnen durch eine Schraube oder einen Hebel zu ermöglichen.

Die zu diesem Zwecke dienenden Doppelsitz-Ventile (Glocken- oder Rohrventile) bedingen für Dampfleitungen von grossem Durchmesser und mit hoher Spannung eine ausserordentliche Sorgfalt in der Herstellung und geben dennoch im Betriebe nicht den erforderlichen dichten Verschluss; die Ursachen hierfür sind folgende:

1) das exacte Einschleifen eines Ventils mit zwei über einander liegenden Sitzen ist sehr schwierig, und

2) die infolge des Temperaturunterschiedes im Inneren und Aeusseren des Ventilkörpers entstehende ungleiche Ausdehnung veranlasst eine Undichtigkeit.

Daher ist ein einsitziges Ventil das einfachste in der Herstellung und das sicherste im Betriebe, und man hat aus

diesem Grunde schon die Einrichtung getroffen, ein zweites kleineres Ventil im Mittelpunkte des grossen anzubringen und an der Ventilstange zu befestigen. Dieses ist ohne Anstrengung zu öffnen, weil kein grosser Druck darauf lastet, und gestattet alsdann eine Ausgleichung der Spannung, so dass nach Eintritt derselben das grosse Ventil ebenfalls leicht geöffnet werden kann; Nachtheile derartiger Anordnungen sind:

1) Wenn der nicht in Spannung befindliche Raum sehr gross ist, erfordert die Ausgleichung lange Zeit, was für viele Fälle unzulässig ist;

2) das grosse Ventil ist in der Richtung der Axe nicht fest mit der Stange verbunden, so dass eine stossweise Bewegung des Dampfes ein Auf- und Niedergehen desselben erzeugt und den Sitz des kleinen Ventils sehr bald zerstört.

Diese Mängel sind durch die in Fig. 6, Taf. V, dargestellte Construction beseitigt, welche sowol als Durchgangs- wie als Eckventil anzuwenden ist.

Das Ventil *a* ist ein innen ausgebohrter Cylinder, in dessen Deckel sich eine Oeffnung befindet, welche durch das an der Stange befestigte Ventil *b* geschlossen wird; die Stahlplatte *d* dient als Feder dazu, in geöffnetem Zustande die Bewegung in der Richtung der Axe zu verhindern. Der Ventilsitz *c* trägt auf den drei, zur Führung des Ventils *a* dienenden Stangen den Gegenkolben *e*, der durch einen Liderring *f* gedichtet ist.

Der Dampf tritt bei *g* ein und der Druck lastet im geschlossenen Zustande auf dem Ventil; wird die Ventilstange durch das Handrad *h* und die Schraube gehoben, so tritt der Dampf bei *b* ein und der Druck wirkt dann sowol auf den Gegenkolben *e* als nach oben gegen die Haube des Ventils *a*, so dass eine sofortige Entlastung eintritt.

## Selbstthätiger Schmierapparat.

Von W. Theis in Palermo.

(Hierzu Fig. 5, Taf. V.)

Der Apparat, welcher im vorigen Jahre in Paris ausgestellt war, besteht aus einem Untersatz *a*, der auf den Lagerdeckel geschraubt ist, dem oberen Oelbehälter *b* und einem Zwischenstück *c*.

Die beiden oberen Stücke sind conisch in einander gepasst und es kann das Gefäss in dem Zwischenstücke sich drehen, letzteres wieder in dem Untertheil. Beide bewegliche Theile haben einen Zahnkranz, dessen Zähnezahl bei dem einen um 1 grösser ist als bei dem anderen. Ein an dem Untersatz gelagerter Hebel erhält bei jeder Umdrehung der Welle durch einen an letzterer befestigten Knaggen einen Stoss, der beide Zahnkränze um je einen Zahn weiter schiebt. Wegen der ungleichen Zähnezahl drehen sich also auch die beiden Gefässe relativ zu einander.

Nun enthält der Oelbehälter unten eine Durchbohrung, die mit einer kleinen Kammer in dem Zwischenstück nach einer Anzahl Umdrehungen der Welle zusammentrifft und sie mit etwas Oel füllt. Später trifft die Kammer mit einer in den Untersatz eingefrästen Nuth zusammen, durch welche das Oel in diesen und dann in die Lagerschale gelangt.

Je nach dem Oelverbrauch lässt sich die Grösse der Kammer und die Zähnezahl der Räder bestimmen. Bei 30 Zähnen des einen und 31 Zähnen des anderen Gefässes würde beispielsweise nach je 900 Umdrehungen der Welle der Inhalt der kleinen Kammer an Oel zugeführt werden.

## Speiseventil.

Von W. Theis in Palermo.

(Hierzu Fig. 7 und 8, Taf. V.)

Vorrichtungen zur Isolirung von Speiseventilen bieten schon grossen Vortheil bei ihrer Verwendung an einfachen Kesseln, sind aber eigentlich unerlässlich da, wo mehrere Kessel zu einer Gruppe vereinigt sind. Nicht allein handelt es sich darum, die Speisewassermenge während des Betriebes je nach dem manchmal sehr verschiedenen Bedarf der einzelnen Dampferzeuger zutheilen zu können, es muss auch möglich sein, das Speiseventil abzuschliessen und zu untersuchen, ohne den betreffenden Kessel ausser Thätigkeit zu setzen. Von Wichtigkeit ist dies besonders bei Marinemotoren, deren Speisepumpen leicht Unreinigkeiten verschiedener Art zuführen, und deren Speiseventile durch das Schaukeln oder Rollen des Bootes sich häufig in schiefer Stellung festklemmen und den Dienst versagen. Die in der Regel zur Isolirung der Speiseventile verwendeten, zwischen dem Kessel und diesen angebrachten Hähne weisen den Uebelstand auf, dass sie sich, wenn seit längerer Zeit nicht mehr zur Verwendung gekommen, schwer handhaben lassen; dazu nehmen zwei hinter einander angebrachte Gehäuse, das des Hahnes und das des Ventils, zusammen viel Raum weg und sind Beschädigungen sehr ausgesetzt.

Frei von solchen Uebelständen ist das durch Fig. 7 und 8, Taf. V, dargestellte Doppelventil. Absperr- und Speiseventil sind hier in einem Gehäuse von sehr beschränkten Abmessungen vereinigt. Das erstere kann jederzeit mit der grössten Leichtigkeit geschlossen werden, das letztere, mit einer Stange versehen, die aus dem Gehäuse hervorragt, wird in seiner Thätigkeit vom Heizer beobachtet, und kann von demselben nöthigenfalls während des Betriebes von aussen auf seinen Sitz aufgeschliffen werden.

## Kritik der Ventilationseinrichtungen nach W. und F. Lönholdt's System.

Von Prof. Dr. A. Wolpert in Kaiserslautern.

Zu der gegenwärtigen Veröffentlichung veranlasst mich der Umstand, dass mein Name mehrfach mit den Lönholdt'schen Vorträgen und Berichten verflochten ist und zwar in einer auf irrthümlichen Anschauungen beruhenden Weise. Der „Frankfurter Anzeiger“ vom 25. October 1878 brachte im Morgenblatt ein Referat über einen von Hrn. Fr. Lönholdt einige Tage vorher im technischen Verein gehaltenen Vortrag. In diesem Vortrage „gedachte Hr. Lönholdt auch der sogenannten Wolpert'schen Luftsauger und sprach denselben jede Wirkung ab.“

Auffallend ist es danach, in der in Heft 1 dieser Zeitschrift gegebenen Beschreibung der Lönholdt'schen Ventilationseinrichtung die Mittheilung zu finden, dass dabei Saugeraufsätze nach Wolpert's Princip zur Anwendung kommen. Dies klärt sich jedoch auf folgende Art auf.

Hr. Lönholdt hatte früher die Luftsauger nicht über dem Dache angebracht, sondern an den verticalen äusseren Mauerflächen der betreffenden Räume. Die Aufsätze, welche aus sich selbst natürlich keine Wirkung hervorbringen können, wohl aber den sie frei umwehenden und durchstreifenden Wind so leiten, dass er saugend wirkt, konnten da nur in den wenigsten Fällen eine gute Wirkung zeigen. Oft war durch das Gebäude der Wind von dem Luftsauger abgehalten, oft dagegen war der Wind gegen die Mauer gerichtet und musste eine Luftstauung längs der Mauer und um den Sauger herum veranlassen. Unter solchen Umständen vermag kein derartiger Apparat, er sei wie immer beschaffen, saugend zu wirken.

Auf das Unrichtige dieser Anwendungsweise aufmerksam gemacht, hat Hr. Lönholdt später „die Abzugscanäle so hoch über Dach geführt, dass der Wind von allen Seiten den aufgesetzten Saugeraufsatz frei durchstreifen kann.“

Nun wurden aber nicht mehr die Wolpert'schen Aufsätze, denen jede Wirkung abgesprochen war, in Anwendung gebracht, sondern andere, aber doch angeblich nach Wolpert's Princip construirte, und, man sollte annehmen, verbesserte. Man vergleiche aber die von mir construirten, von der Wissenschaft als rationell anerkannten und bei richtiger Anwendung durch tausendfältige Erfahrung erprobten Apparate gegen die Lönholdt'schen. Ein Princip ist in diesen kaum mehr zu finden und gegen die von mir aufgestellten Principien ist mehrfach gefehlt. Kommt der Wind in schräger Richtung von unten nach oben, wie es über Dachflächen oft der Fall ist, so fehlt nicht nur die günstige Wirkung, sondern es wird sogar die Luftsäule im Abführungsschacht abwärts getrieben. So viel mag hier genügen in Betreff der Lönholdt'schen und Wolpert'schen Saugeraufsätze. —

Man wird aber mit Recht erwarten, dass ich bei dieser Gelegenheit im Interesse der Sache auch über die anderen Lönholdt'schen Einrichtungen mich ausspreche.

Die Apparate für Einführung frischer Luft, die „Luftzuströmsäulen", sind im Wesentlichen zweckmässig, wenn sie mit reichlich grossem Querschnitt angewendet werden. Ich selbst habe bereits im Jahre 1861 in einem Gesellschaftssaale in Holzminden diese Lufteinführung mit bestem Erfolge in Anwendung gebracht. (S. „Zeitschr. f. Bauhandw." 1862, No. 4.) In neuerer Zeit hat Gleiches als „Tobin'sche Ventilation" mehrfach Erwähnung gefunden. Aber die Anbringung des Wasserbehälters am unteren Ende ist von keiner Bedeutung für die Luftbefeuchtung, da bei Gefässen mittlerer Grösse hier höchstens so viel Wasser verdunstet, als ein einziger Mensch in gleicher Zeit durch Respiration und Perspiration ausscheidet; und bei Anwendung einer Lage Watte an der Ausmündung müsste die Röhre hier stark erweitert sein, um das entsprechende Luftquantum durchfliessen zu lassen.

Die „Luftaussaug-Apparate" in den Zimmern enthalten das Charakteristische der Lönholdt'schen Erfindung, indem laut Beschreibung „die Zugkraft in den Apparaten jederzeit durch eine nach dem Princip der Strahlapparate wirkende Einrichtung in genügender Stärke entwickelt wird".

Die abzuführende Zimmerluft wird zum Theil unten im Apparate durch Flammen erwärmt und durch diesen geleitet. Aus den Düsen strömend soll sie das übrige Quantum der abzuführenden Zimmerluft ansaugen.

Es fragt sich nun: Ist dieses Ansaugen nach dem Princip der Strahlgebläse hier wesentlich wirksam? Ist es nöthig oder doch zweckförderlich, oder wird nicht mindestens der gleiche Effect ohne Düsen erreicht? Der Nutzen der Düsen müsste sich theoretisch nachweisen lassen; aber Hr. Lönholdt hat diesen Nachweis nirgends geliefert, hat vielmehr im technischen Verein bei seinem eingangs erwähnten Vortrage die bedeutungsvollen Worte ausgesprochen: „An theoretischen Ausführungen sollte uns Nichts gelegen sein."

Dessen ungeachtet will ich bei den folgenden praktischen Auseinandersetzungen auch theoretische Ausführungen nicht meiden.

Wird an dem weiteren Ende einer Düse continuirlich eine bestimmte Luftmenge in der Secunde eingepresst, so muss gleichzeitig ebenso viel Luft durch die engere Düsenmündung ausströmen und dabei müssen sich die Geschwindigkeiten der Luftströmung in den beiden Querschnitten umgekehrt verhalten wie diese Querschnitte. Da man infolge dessen mittelst eines Gebläses, schon mit einem kleinen Blasbalg, einen starken Luftstrom hervorzubringen im Stande ist, mag sich Mancher vorstellen, Gleiches sei bei der Düse der Fall, durch welche die Luft infolge der Erwärmung mittelst darunter angebrachter Flammen emporgetrieben wird.

Beide Fälle sind aber sehr verschieden zu beurteilen. Man denke sich eine oben und unten offene Röhre von $100^{qcm}$ Querschnitt, einmal ohne Düse, dann mit einer Düse von $10^{qcm}$ Mündung.

Soll in gleicher Zeit die gleiche Luftmasse $M$ bei unveränderter Dichte einmal durch die unverengte Röhre getrieben werden, das anderemal durch die Düse, so muss dies im letzteren Falle mit der zehnfachen Geschwindigkeit geschehen.

Die lebendige Kraft der bewegten Masse ist im ersten Falle

$$\frac{M}{2} v^2,$$

im zweiten

$$\frac{M}{2} (10\,v)^2 = 100 \cdot \frac{M}{2} v^2$$

also 100 mal so gross.

Um der Masse diese lebendige Kraft zu ertheilen, muss eine äquivalente mechanische Arbeit aufgewendet werden, die also ebenfalls im zweiten Falle 100 mal so gross ist wie im ersten.

Wodurch wird diese grosse mechanische Arbeit für die Düse geleistet?

Bei Anwendung einer mechanischen Gebläsevorrichtung, wie auch schon, wenn man in die weitere Oeffnung einer engen conischen Röhre nur mit dem Munde bläst, ist die Vergrösserung der mechanischen Arbeit innerhalb weiter Grenzen möglich durch Vergrösserung der angewandten Kraft. Aber bei dem vorliegenden auf der Wirkung von Temperaturdifferenzen beruhenden Ventilationssystem ist die gegebene Kraft der Ueberdruck der mit der äusseren Atmosphäre communicirenden Zimmerluft gegen die wärmere Luft in der Röhre bezw. in der Düse.

Die Grösse des Ueberdruckes ist direct abhängig von der Differenz der beiderseitigen Durchschnittstemperaturen, und diese Differenz müsste bei Anwendung der Düse von der angenommenen Oeffnung, abgesehen von der Reibung und Volumenvergrösserung, 100 mal so gross sein, um eine zehnfache Geschwindigkeit zu veranlassen; sie müsste aber grösser sein, weil der Reibungswiderstand mit der zweiten Potenz der Geschwindigkeit, überdies bei gleichen Längen mit dem Quotienten aus dem Umfang und der Fläche des Querschnittes wächst; und sie müsste noch grösser sein, weil in der gleichen Zeit die mehr erwärmte Luft von grösserem Volumen mit grösserer Geschwindigkeit durch die Düse getrieben werden müsste.

Um den entsprechenden Ueberdruck bei der Düse zu erreichen, müsste man demnach eine weit mehr als 100 mal so wirksame Wärmequelle in Anwendung bringen.

Aus der Voraussetzung, dass die Luftgeschwindigkeit im Verhältniss der Querschnittsverengung zunehme in dem Sinne, dass in dem einen Falle durch die Düse dieselbe Luftmenge fliesse wie im anderen Falle durch die unverengte Röhre, würde aber unmittelbar folgen, dass die von gleicher Wärmequelle an gleiche Luftmengen abgegebenen Wärmemengen und damit die Temperaturen gleich sein müssten, oder mit Berücksichtigung des mechanischen Aequivalents der Wärme noch geringer bei der Düse. Dann würde aber die Ursache der grösseren Luftgeschwindigkeit bei der Düse gänzlich fehlen.

Die Voraussetzung, welche zu so grossen Widersprüchen führt, kann nicht einmal annähernd richtig sein. In Wirklichkeit liegt die Sache so:

Durch die Düse fliesst weit weniger Luft als durch die unverengte Röhre; durch die unten in der Röhre brennenden Flammen wird die geringere Luftmenge in der Düse höher erhitzt, aber nicht genau im umgekehrten Verhältniss der Luftmengen, weil die erhitzten Wandflächen in verschiedener Weise Wärme transmittiren und weil ein Theil der Wärme in Arbeit umgesetzt wird, um den Reibungswiderstand zu überwinden. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft aus der Düse fliesst, ist infolge der stärkeren Erwärmung der kleineren Luftmenge grösser als an derselben Stelle in der unverengten Röhre, aber doch nicht so gross, dass dadurch ein energisches Ansaugen der Zimmerluft erfolgen würde; die Zimmerluft strömt lebhaft in die neben der Düse angebrachte Oeffnung, weniger aber weil sie von dem Düsenstrom angesaugt wird, als vielmehr weil ein Ueberdruck der Zimmerluft, bezw. der damit in Verbindung stehenden Aussenluft gegen die wärmere Luftsäule in der Röhre vorhanden ist, und die Röhre viel mehr Luft fassen und abführen kann, als ihr aus der Düse zuströmt.

Bei der unten ganz offenen und in gleicher Weise erwärmten Röhre ohne Düse muss schon unten, wo der Ueberdruck am grössten ist, so viel Luft einströmen, dass das seitliche Einfliessen kaum bemerkbar wird. Dieser Umstand kann leicht zu der Täuschung führen, dass die Düse der wesentlich wirksame und nothwendige Bestandtheil der Einrichtung sei.

Bildet man die untere Einflussmündung der Röhre in der Art erweitert, dass keine Contraction entsteht, so fliesst daselbst die gesammte Luftmenge ein, welche nach Massgabe der Druckhöhe, der Temperaturdifferenz und des Röhrenquerschnittes sich überhaupt in der Röhre emporbewegen kann; das seitliche Einströmen hört dann gänzlich auf; trotzdem ist das abgeführte Luftquantum grösser als bei Anwendung der Düse.

Bei der Einrichtung des Lönholdt'schen Apparates wird durch die Düse für die unter günstigster Druckhöhe in die Röhre fliessende Luftmenge der Querschnitt verengt und für die seitlich einfliessende Luft die mögliche Druckhöhe vermindert.

Ein Aequivalent für diese Nachtheile ist in der saugenden Wirkung des Düsenstrahls bei seiner geringen Geschwindigkeit nicht vorhanden.

Man darf demnach behaupten, dass die Düsen die Luftabführung mehr hemmen als fördern und deshalb besser weg-

bleiben. Die Richtigkeit dieser Folgerung, welche sich mir als specielle Ansicht beim ersten Anblick der Skizze eines Lönholdt'schen Düsenapparates („Deutsche Bauztg." 1878, S. 195) aufgedrängt hat, und die ich mehrfach bei Fachgenossen ausgesprochen, habe ich auch auf experimentellem Wege bestätigt gefunden. Für die experimentelle Untersuchung eignet sich die vollständige Einrichtung nicht; denn daran sind die durch die vertheilten Oeffnungen in die Röhre fliessenden Luftmengen schwer zu ermitteln, und auch der Ermittelung der gesammten Durchflussmenge an einer höher liegenden Stelle stehen mancherlei Schwierigkeiten entgegen; überdies sind die Resultate wegen des möglicher Weise mit jedem Augenblick sich ändernden Zustandes der Atmosphäre unzuverlässig.

Da es sich nur um Klarstellung der Düsenwirkung handelte, war das Experiment in folgender Weise dem Zwecke vollkommen entsprechend: Genau nach der Zeichnung (Taf. III in Heft 1 d. Z.) wurde ein Lönholdt'scher „Luftaussauge-Apparat" angefertigt, jedoch oben nicht ins Freie mündend, sondern nur 2,5m hoch und vollständig im Zimmer stehend. Dadurch war man von den veränderlichen Einflüssen der äusseren Atmosphäre unabhängig.

Vor der Düse, unter welcher zwei Gasflammen mit Rundbrennern brannten, war ein Schieber angebracht, welcher entweder halb offen (in der Stellung wie in Fig. 8 und 13 unten) angewendet wurde, wobei die Zimmerluft gerade oberhalb der Düse einfliessen musste, oder ganz offen (wie in Fig. 13 oben), so dass die Zimmerluft theils oberhalb theils unterhalb der Düsenmündung einfloss. Die Versuche wurden in gleicher Weise mit eingestellter Düse und nach Beseitigung derselben gemacht.

An der oberen Mündung der Röhre wurden die Temperaturen der ausströmenden Luft mit einem sehr empfindlichen Thermometer gemessen und die Luftgeschwindigkeiten mit einem statischen Wolpert'schen Anemometer.

Die Geschwindigkeiten waren immer in der Mitte des Querschnittes geringer als in der Nähe der Röhrenwände, was sich aus der seitlichen Einmündung des Luftstroms erklärt, der sich zunächst, die Wandungen verfolgend, ausbreitet. Bei grösserer Röhrenhöhe gleicht sich dieser Einfluss mehr aus; doch ist dies hier gleichgiltig, indem jedesmal die mittleren Geschwindigkeiten berechnet wurden.

Im Ganzen war die Luftströmung nach Beseitigung der Düse viel regelmässiger als bei Anwendung der Düse, was mit der Anschauung in Uebereinstimmung steht, dass die grösste Menge der seitlich einfliessenden Luft nicht von dem Düsenstrom angesaugt und emporgerissen, sondern mit grösserer Gewalt quer gegen den Düsenstrom durch den äusseren Ueberdruck eingetrieben wurde, wobei ein Kampf der beiden Ströme um die Beibehaltung ihrer Richtung, dann eine beiderseitige Richtungsänderung, eine wirbelnde Bewegung entstehen musste auf Kosten eines Theiles der lebendigen Kraft.

Die Zimmertemperatur war 20° C. Die gefundenen Hauptresultate zeigt folgende Zusammenstellung:

| Einrichtung u. Schieberstellung | | Geschwindigkeit | Temperatur |
|---|---|---|---|
| Mit Düse | Schieber halb offen | 1,10m | 54° C. |
| | Schieber ganz offen | 1,15m | 50° „ |
| Ohne Düse | Schieber halb offen | 1,30m | 50° „ |
| | Schieber ganz offen | 1,35m | 46° „ |
| Desgl., Apparat 0,20m hoch gehoben, Schieber ganz offen . . | | 1,50m | 43° „ |

Die hieraus ersichtliche Abnahme der Temperatur bei zunehmender Geschwindigkeit, also zunehmender Durchflussmenge bei Anwendung der Düse sowol wie ohne dieselbe, bedarf einer weiteren Erklärung nicht.

Bemerkenswerth ist aber, dass bei Anwendung der Düse und ganz offenem Schieber die Temperatur der ausströmen- Luft dieselbe war wie ohne Düse bei nur halb offenem Schieber, die Geschwindigkeit und Durchflussmenge aber in letzterem Falle grösser.

Zum Theil erklärt sich dies aus dem reichlicheren Zufliessen der Luft unter den Flammen bei den Versuchen ohne Düse. Da jedoch die Wärmequelle immer die gleiche war, so scheint dadurch auch die gemachte Behauptung gerechtfertigt zu sein, dass bei Anwendung der Düse eine gewisse Wärmemenge für Arbeit zur Ueberwindung der vergrösserten Widerstände absorbirt werde.

Das wesentlichste Resultat dieser Experimente aber ist, dass die Ausflussgeschwindigkeit und folglich auch die Durchflussmenge unter gleichen Umständen ohne Düse jedesmal grösser war als mit Düse, so dass man zu der Schlussfolgerung gezwungen ist:

Die Düsen sind für den Ventilationseffect nicht nur werthlos sondern sogar nachtheilig.

Lässt man aber die Düsen weg, so wird der Apparat viel mehr accomodationsfähig und kann noch besser wirksam eingerichtet werden, als aus obigen Resultaten zu ersehen ist, die nur den Werth der Düsen bei sonst unverändertem Apparate klar machen sollten.

Nur in wenigen Fällen ist es zweckmässig, die Hauptmenge der Zimmerluft in ungefähr 1,5m Höhe, und nur einen kleinen Theil in der Nähe des Fussbodens abzuführen, sie überhaupt in verschiedenen Höhen abzuführen. Entweder ist die volle Abführung unmittelbar über dem Fussboden oder in der Nähe der Decke am vortheilhaftesten. Lässt man die ganze abzuführende Luftmenge durch eine erweiterte und entsprechend geformte Oeffnung ganz unten in die Röhre einfliessen, während sich die Flammen in geringer Höhe über der Einströmungsöffnung befinden, so muss der Effect entschieden noch bedeutend grösser sein. Ist dagegen nach den Benutzungsverhältnissen des Locals die Abführung an der Decke die rationelle, so hat man es mit der Ventilation eines relativ warmen Raumes zu thun, und dann ist die Erhitzung der abfliessenden Luft durch Flammen in der Regel unnöthig. Uebrigens kann man auch oben in der Deckenöffnung oder in geringer Höhe darüber einige Brenner anbringen, was bei Gasbeleuchtungseinrichtung sehr einfach und mit geringen Kosten zu bewerkstelligen ist.

Die Lönholdt'sche Erfindung hat insofern Nutzen gestiftet, als Manche, angeregt durch die dem Laien imponirende Eigenthümlichkeit des Apparates, sich die Wohlthat einer Ventilationseinrichtung verschafft haben, auf die sie Verzicht leisteten, als sie gleich Gutes und Besseres einfacher und billiger haben konnten.

Kaiserlautern, im Februar 1879.

## Wassermotoren.

Auf S. 94 des lfd. Jahrganges der Zeitschrift heisst es bei Besprechung des Buches „Die Motoren für Kleingewerbe von Musil", dass in Zürich nach dem letzten Jahresberichte (1877?, da 1878 noch nicht erschienen) erst 6 Wassermotoren arbeiten.

In diesem Bericht sind nun allerdings S. 9 unter „Bau" als angekauft 5 Motoren aufgeführt. Nach den verschiedenen Berichten ergeben sich aber als in Betrieb befindlich

| | |
|---|---|
| 1874 . . . . | 69 Stück |
| 1875 . . . . | 105 „ |
| 1876 . . . . | 118 „ |
| 1877 . . . . | 120 „ |

Ferner ist hier als Wasserverbrauch für Motoren angegeben:

| | | |
|---|---|---|
| 1873 . . . | 272200 cbm | = 14,5 pCt. |
| 1874 . . . | 392000 cbm | = 15,9 „ |
| 1875 . . . | 585000 cbm | = 20,8 „ |
| 1876 . . . | 525000 cbm | = 17,4 „ |
| 1877 . . . | 575000 cbm | = 19,4 „ |

des Gesammtverbrauches.

Die Einnahmen aus dem für Motoren abgegebenen Wasser betrugen in Procenten der Gesammteinnahmen bei einem Einheitspreise pro Cubikmeter von

| | | |
|---|---|---|
| 6,08 Pf. . . . | 1876 . . . | 17,4 pCt. |
| 5,27 „ . . . | 1877 . . . | 19,4 „ |

Die Bemerkung ferner, dass, da die Wasserquantitäten durch Tourenmesser bestimmt werden, sich durch Undichtigkeit des Kolbens u. s. w. der wirkliche Verbrauch auf 10 pCt. höher gestellt habe, ist auch nicht ganz zutreffend, da auf

S. 13 a. a. O. sowol für Wassermesser als für Motoren angegeben ist, dass der Vertheilung der gesammten Wassermenge in der betreffenden Tabelle eine 10 pCt. höhere Zahl als gemessen zu Grunde gelegt ist, für erstere der Unsicherkeit wegen, für letztere für das ungemessene Wasser.

Ich glaube im Interesse der Sache auf diese Daten aufmerksam machen zu müssen, da ich der Einführung der Wassermotoren für Kleingewerbe, namentlich wo es sich um zeitweise oder locomobile Benutzung handelt, eine grössere Zukunft versprechen möchte.

Uebrigens finden sich in meinem Buche „Die städtische Wasserversorgung" auch von anderen Städten Notizen über die Einführung von Wassermotoren. E. Grahn.

## Bewegliche Bedachung an Eisenbahn-Güterwagen.

Von August Wilke in Braunschweig.

(Hierzu Fig. 1 bis 4, Taf. V.)

Wie die Figuren auf Taf. V zeigen, hat die Bedeckung *d* eine an den Endpunkten liegende Zahnstange *z*, welche, wie in Fig. 1 ersichtlich, über den Wagen hinausragt. Diese Zahnstangen werden vermittelst der Getriebe *r'* und *r''* auf den kurzen Wellen *w* und der Vorgelege *r* auf der durchgehenden Welle *w'* durch das Drehen der Kurbeln *k*, *k* in Bewegung gesetzt. Neben den Zahnstangen *z* und mit diesen fest verbunden liegen die aus hochkantigem Flacheisen hergestellten Bügel *b*, *b*, welche das Scharnier für die Decke *d* dergestalt auf der Welle *w* bilden, dass sie bei Abwinden der Decke, wenn diese auf dem Mittelpunkte angekommen ist, und das Uebergewicht erhält, es verhindern, dass die Zahnstange sich vom Getriebe ablösen könnte, und so Führungen für den Deckel beim Heruntergleiten bilden.

Im geschlossenen Zustande bildet das Scharnier *v* oben auf dem Waggon den Verschluss. Soll der Waggon geöffnet werden, so windet man mittelst der Kurbeln *k* den Deckel nach unten, ist dieser bis auf die Mitte herunter, so richtet er sich durch eigene Schwere auf und bleibt vertical, wie Fig. 3 beim ganz Herunterlassen zeigt, vermittelst des hochkantigen Bügels *b* auf der Welle *w* hängen. Dasselbe tritt beim Verschliessen des Waggons ein, indem der Deckel *d* beim in die Höhe winden, wenn er über die Mitte angekommen ist, das Uebergewicht erhält und so sich mit Leichtigkeit nach oben schieben lässt. Sind die Waggons sehr lang, so kann man den Deckel in zwei Abtheilungen auf- und abgleiten lassen, es würden dann die Zahnstangen und zwei Zahnräder in der Mitte des Waggons erforderlich sein. Das Ganze ist durch eine Einfütterung von Blech leicht gegen Schmutz und sonstige den Mechanismus in seiner Thätigkeit hemmende Gegenstände zu schützen.

Will man die Bedachung aus ganz leichtem Material anfertigen, so kann man dieselbe auf verschiedenen Punkten, wie Fig. 4 bei *e*, *e* zeigt, durch Rippen von T-Eisen, welche in Kloben, an den Wandungen der Waggons befestigt, eingesteckt oder beseitigt werden können, unterstützen. Bei schwerer Construction sind mit Leichtigkeit an der äussersten Langseite der Decke *d* kleine Führungsrollen anzubringen.

Im geschlossenen Zustande greifen die gekröpften Häkchen *f* hinter eine an der Langseite des Wagens laufende Winkeleisenschiene, und verhüten so ein in die Höhe biegen des Deckels.

Glaubt man ferner, dass die Bedachung bei Güterwagen mit niedrigen Borden im geöffneten Zustande zu tief herunter hängen würde, so behandelt man die Hälfte oder ein Drittel als Klappe. Diese würde, bevor das Herunterwinden erfolgt, erst übergeklappt werden, und würde demnach nur der übrigbleibende Theil auf- und abzuwinden sein.

Am Ende der durchgehenden Welle unter der Kurbel ist in jedem Falle ein Sperrrad nebst Sperrkegel anzubringen.

# Technische Literatur.

## Mechanik.

**Die neuen Formeln für die Bewegung des Wassers** in Canälen und regelmässigen Flussstrecken. Von W. R. Kutter. Mit 21 Zeichnungsblättern. Zweite Auflage. 157 S. (Preis: 10 *M.*) Wien, 1877. R. v. Waldheim. —

Die Verdienste des Verfassers um die Weiterentwickelung der für die Technik höchst wichtigen Formeln, welche die Wassergeschwindigkeiten in offenen Canälen von den geometrischen und physikalischen Eigenschaften der Flussbetten abhängig erscheinen lassen, sind allgemein anerkannt. Schon die Nothwendigkeit einer zweiten Auflage des zuerst in der „Allgem. Bauzeitung" 1871 erschienenen Werkes beweist die Wichtigkeit der Arbeit.

Nach einer einleitenden historischen Notiz, in welcher die älteren Formeln von Prony, Brahms, Chézy, Eytelwein und Anderen besprochen und deren Unvollkommenheiten nachgewiesen werden, beginnt das eigentliche Thema mit der epochemachenden Arbeit der amerikanischen Ingenieure A. A. Humphreys und L. H. Abbot, welche im Auftrage der Regierung der Vereinigten Staaten von 1850 bis 1860 ausgedehnte Messungen in den grossen mit sehr geringen Gefällen fliessenden Strömen des Landes, besonders am Mississippi, anstellten und die Resultate in einem Werke („Report upon the physics and hydraulics of the Mississippi river", 1861) veröffentlichten, welches von Grebenau übersetzt und durch Versuche an deutschen Strömen vermehrt worden ist.

Bezeichnet man mit $v$ die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in einem Querprofile des Flusses,

mit $R$ den mittleren Radius $= \frac{\text{Querschnitt}}{\text{benetzter Umfang}}$,

mit $J$ das relative Gefälle des Flusses,

so ist nach Chézy-Eytelwein $v = c\sqrt{RJ}$, wo $c$ ein constanter Coëfficient, und zwar für Metermass $= 50{,}9$ ist.

Die durch Humphreys und Abbot aufgestellte Formel kann man in etwas gekürzter Gestalt ebenfalls in die Form $v = c\sqrt{RJ}$ bringen, wobei jedoch $c = \frac{5{,}88 \cdot \beta}{\sqrt[4]{J}}$ und $\beta$ eine zwischen 0,83 und 0,97 sich bewegende Grösse ist, welche von $R$ abhängt. Der Einfluss von $R$ auf $c$ ist mithin verhältnissmässig zu dem von $J$ sehr klein.

Unabhängig von den amerikanischen Arbeiten sind in Frankreich von H. Darcy und nach dessen Tode durch H. Bazin („Récherches hydrauliques," Paris 1865) höchst wichtige Messungen an künstlich hergestellten kleinen Canälen von starkem Gefälle angestellt worden, welche ein ganz neues Element in die Betrachtung zogen, nämlich die Natur der Oberfläche der Canalwandungen. Die Formeln, welche den Beobachtungsreihen am besten entsprechen, wurden ebenfalls in die Gestalt $v = c\sqrt{RJ}$ gebracht, wo der Coefficient $c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$ und $\alpha$ und $\beta$ Zahlen sind, welche nach dem Material und der Oberflächenbeschaffenheit der Canalwände sich ändern.

Die Formeln von Humphreys und Abbot einerseits und Darcy und Bazin andererseits sind hiernach nicht vergleichbar, weil die erstere den Coëfficienten $c$ wesentlich von $J$, die letztere ausser von der Oberflächenbeschaffenheit der Canalwände wesentlich von $R$, aber gar nicht von $J$ abhängig erscheinen lässt.

Der Widerspruch erklärt sich aus den durchaus verschiedenen Naturen der Versuchsobjecte: die Wasserläufe der amerikanischen Versuche waren sehr grosse Ströme in ihren natürlichen Betten mit überaus kleinem Gefälle, während die Wasserläufe der französischen Versuche künstlich hergestellte kleine Canäle mit verhältnissmässig starkem Gefälle darstellten. Die Giltigkeit der Formeln beschränkt sich demnach auf begrenzte Gebiete, und es muss dem Ermessen anheim gestellt werden, beim Gebrauche die eine oder die andere Formel zu wählen.

Im Jahre 1867 hat Ph. Gauckler („Etudes théoretiques et pratiques sur l'écoulement et le mouvement des eaux"), gestützt auf die Messungsresultate von Bazin, neue Formeln aufgestellt, welche zwischen Wasserläufen von relativen Gefällen über 0,0007 und unter 0,0007 unterscheiden, wo für die erste Kategorie

$$c = \alpha^2 \sqrt[6]{R},$$

für die zweite Kategorie

$$c = \beta^4 \sqrt[6]{R^5} \sqrt{J}$$

gesetzt wurde, unter $\alpha$ und $\beta$ Coefficienten verstanden, welche mit der Natur der Canalwände sich ändern.

Es lag nahe zu versuchen, eine allgemeine Formel aufzustellen, welche sich den unter den verschiedensten Bedingungen gefundenen Messungsresultaten in genügender Weise anschliesst. Diese Versuche bilden das Hauptverdienst des Verfassers, welcher sich hierzu mit Ganguillet verband.

Sie kamen zu der Ueberzeugung, dass für grosse mit dem Mississippi vergleichbare Ströme sich die Geschwindigkeitsverhältnisse nicht besser als vermittelst der Humphreys-Abbot'schen Formel darstellen lassen und behielten demnach hierfür diese Formel bei. Im Uebrigen schlossen sie sich zunächst der Darcy-Bazin'schen Formel an, gaben ihr aber eine für die Anwendung bequemere Gestalt und zwar in dem allgemeinen Ausdrucke $v = c\sqrt{RJ}$ $c = a - \frac{ab}{\sqrt{R} + b}$ worin $a$ constant $= 100$ und $b$ nach den angenommenen 12 Stufen der Rauhigkeit Werthe von 0,12 bis 2,44 bedeutet. Diese Formel besitzt demnach auch die Eigenschaft, dass $c$ von dem relativen Gefälle $J$ unabhängig ist.

Endlich gelangten Ganguillet und Kutter nach vielen Versuchen und Ueberlegungen zu der sehr bekannten, allgemeingiltigen Formel

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

in welcher $n$ einen Werth von 0,01 bis 0,03 hat, je nach dem Grade der Rauhigkeit der Wandungen. Der Verfasser verweist übrigens auf die ausführliche Besprechung dieser Formel in der „Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“ von 1869.

Das vorliegende Werk enthält eine Menge von Tabellen zur Erleichterung der Benutzung der Formeln, auch die Aufzählung aller der als zuverlässig betrachteten Messungen an Strömen verschiedenster Grösse sowie eine Reihe von graphischen Darstellungen, welche wesentlich zur Erläuterung der Zahlenangaben beitragen.

Zu erwähnen bleibt noch, dass Kutter die Arbeiten von Bornemann („Civil-Ingenieur,“ 1868) und von Hagen („Abhandlungen der königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin,“ 1868) über die Bewegung des Wassers anzieht und einer Kritik unterwirft. Die Arbeit von Hagen: „Untersuchung über die gleichförmige Bewegung des Wassers,“ Berlin, 1876, ist jedoch nicht in den Kreis der Besprechung gezogen worden.

Es scheint, als wenn durch das Kutter'sche Werk die Bestrebungen der Hydrauliker, praktisch ausreichend genaue Formeln zu gewinnen, welche die gleichförmige Bewegung des Wassers in offenen Canälen darstellen, vorläufig einen Abschluss erlangt haben. Der Fortschritt in der Erkenntniss der obwaltenden Verhältnisse ist sehr bedeutend im Vergleich zu dem Zustande vor etwa 30 Jahren. Die Formeln einer, wie Humphreys und Abbot treffend sie nannten, Experimental-Theorie, so nützlich und genau für den Gebrauch sie auch sein mögen, können jedoch, da sie noch fast gänzlich einer eigentlichen wissenschaftlichen Grundlage entbehren, keineswegs als letztes Ziel der Hydraulik gelten.

H. S.

## Physik.

**Wagen, Dynamometer und Materialprüfungs-Maschinen.** Von Johann Špačil, Assistenten an der k. k. technischen Hochschule in Wien. (Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herrausgegeben von der österreichischen Commission für die Weltausstellung in Philadelphia 1876. XIX. Heft.) Mit 7 Zeichnungen und 2 Tafeln. 52 S. Wien, 1877. Fäsy & Frick. Commission. —

Das neunzehnte Heft des Berichtes der österreichischen Commission für die Weltausstellung in Philadelphia behandelt in verhältnissmässig engem Raum auf 52 Seiten einen Gegenstand, der in früheren Ausstellungen kaum so zahlreich vertreten gewesen sein möchte. Hinweisend auf die vorwiegend praktische Richtung des Amerikaners, welcher in der hier behandelten Abtheilung dieser Ausstellung fast ausschliesslich Aussteller war, führt der Verfasser eine Reihe von Apparaten vor, welche meist dem praktischen Gebrauche und weniger der Wissenschaft zu dienen haben, lässt aber den Mangel an Neuem im Gebiete der Dynamometer und Wagen fühlbar hervortreten. So findet er unter den sämmtlichen ausgestellten Wagen nur zwei derselben einer genaueren Besprechung werth. Einige hier vertretene ältere Systeme berührend geht er zu den Dynamometern über, die ihm ebenfalls mit wenigen Worten hinreichend gewürdigt erscheinen. Recht charakteristisch für die amerikanische Industrie stellt der Verfasser ferner bei Besprechung der Materialprüfungs-Maschinen den Grundsatz „Hilf dir selbst“ ins Licht, indem er die Thatsache constatirt, dass in Amerika diese Maschinen zum Selbstgebrauche der verschiedensten Etablissements mehr und mehr Eingang finden. Auf das Wesen dieser Maschinen eingehend schickt er einige Bemerkungen allgemeiner Natur voraus. Bei deutlicher Erörterung derselben versäumt er nicht, deren Vorwie Nachtheile hervorzuheben und kommt nach Aufführung einer Reihe von Versuchen zu dem richtigen Schluss, dass auch, abgesehen von etwaigen Mängeln an diesen Maschinen selbst, die Schwierigkeiten der richtigen Handhabung derselben sehr gross sind und nur lange Uebung im Experimentiren und Intelligenz vor unbrauchbaren Resultaten sichern kann. Im Anhang endlich ist eine Maschine zur Prüfung von Schmiermitteln mit einem Holzschnitt vorgeführt und einer zweiten solchen Erwähnung gethan, deren Werth der Verfasser übrigens keiner weiteren Kritik unterzieht.

Neben guter Ausstattung ist die anerkennenswerthe Klarheit in der Behandlung des Stoffs geeignet, diesem Heftchen Eingang in weiteren Kreisen der Maschinentechnik und Metallindustrie zu verschaffen.

C. F. S.

## Feuerungen und Dampfkessel.

**Die Dampfkessel,** deren Festigkeit, Construction und ökonomischer Betrieb. Von Robert Wilson. A. J. C. E. Vierte verbesserte Auflage. Aus dem Englischen übersetzt und für deutsche Verhältnisse bearbeitet von Max Borns, Ingenieur in London. Mit in den Text eingedruckten Holzschnitten. 402 S. (Preis 5,60 *M.*) Braunschweig, 1878. Fr. Vieweg & Sohn. —

Der Uebersetzer hat die gute Idee, die deutschen Constructeure, Erbauer und Besitzer von Dampfkesseln, mit englischen Methoden und Erfahrungen bekannt zu machen, in so gelungener Weise verwirklicht, dass wir das Lesen und den Gebrauch dieses 25 Bogen starken, in dem bequemen Format des „Taschenbuches der Hütte“ sauber ausgestatteten Werkchens den Betreffenden angelegentlichst empfehlen. Der vor Allem zu beachtenden „Einleitung“ folgt das zweite, die Festigkeit der Kesselwandungen behandelnde Capitel mit recht interessanten Mittheilungen über Versuche mit flachen Böden. Die Resultate der Zerreissungsversuche stimmen allerdings nicht mit der Theorie überein, dagegen ergiebt sich nach unserer Rechnung eine ganz genügende Bewährung der Grashof'schen Formel*) bei innerhalb der Elasticitätsgrenze gehaltenen Pressungen in einem Versuchscylinder von 760mm Durchm. mit umgebördeltem, eingenietetem Boden von 9,5mm Blechstärke. Den Halbmesser der an der Durchbiegung theilnehmenden Bodenfläche zu 370mm angenommen, die Pressung in Atm. Ueberdruck $= p$, und die Federung (Ausbauchung in der Mitte) in Millimeter $= f$ gesetzt, erhalten wir Folgendes:

| $p$ | $f$ | | $\frac{p}{f}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | Versuch | nach Grashof | Versuch | nach Grashof |
| 0,703 | 1,6 | 1,27 | 0,451 | 0,554 |
| 1,758 | 3,17 | 3,17 | 0,554 | 0,554 |
| 2,81 | 4,76 | 5,08 | 0,591 | 0,554 |
| 3,51 | 6,35 | 6,33 | 0,553 | 0,554 |
| 4,57 | 9,5 | 8,24 | 0,481 | 0,554 |

*) Grashof, „Theorie der Elasticität und Festigkeit“. 2. Aufl. S. 337. Berlin, 1878. R. Gaertner.

Zwischen den durch die Belastungen $3{,}51$ und $4{,}57$ erzeugten Spannungen wurde die Grenze der Elasticität überschritten. Eine Wölbung von $910^{mm}$ Radius verursachte bei $4{,}57$ Atm. Ueberdruck nur $1{,}5^{mm}$ Ausbauchung ohne bleibende Spur.

Die folgenden Abtheilungen sind gewidmet: den Eigenschaften der Dampfkesselmaterialien, der Construction und Armatur der Kessel, dem Kesselstein, dem Gebrauch, der Abnutzung und der Prüfung der Dampfkessel. Es folgen: Die Feuerung, die Bestimmung der Grösse der Heizfläche, beachtenswerthe Fingerzeige bei Verdampfungsversuchen, Tabellen für die gesättigten Wasserdämpfe und für die Blechstärken bei innerem und äusserem Druck. Das achtzehnte Capitel macht den Schluss mit den in Deutschland geltenden gesetzlichen Bestimmungen über die Anlage von Dampfkesseln.

R. W.

---

**Lehr- und Handbuch über complete Dampfkessel-Anlagen.** Mit vollständiger Berechnung der Dampfkessel jeder Art, nebst Schornsteinen und den Armaturen. Begründung der rationellsten Ausnutzung des Brennmaterials und der grösstmöglichsten Leistungsfähigkeit der Kessel, sowie der zuverlässigsten Sicherheitsmassregeln gegen Explosionen. Für Techniker, technische Lehranstalten, Fabrik-Inspectoren, Dampfkesselbesitzer u. s. w. Von Ingenieur L. H. Thielmann. Durch 260 Holzschnitte erläutert. 484 S. (Preis 12 *M.*) Leipzig, 1878. Karl Scholtze. —

Keine in unser Specialfach einschlagende Literatur ist in neuerer Zeit so gepflegt worden wie die auf die Dampferzeugung sich beziehende. Deren hohe Bedeutung für die Industrie würdigend, lohnt es sich aber auch, recht gründliche Kenntnisse über den Bau und Betrieb von Dampfkesseln zu sammeln und zu verbreiten, den Fortschritten Rechnung tragend, welche Theorie und Erfahrung anbahnen.

In diesem Sinne, und die Praxis als die Haupterkenntnissquelle für die Dampfkessellehre erachtend, ist das hier zu besprechende Werk eine uns willkommene Erscheinung. Sein Titelblatt deutet schon so genügend auf den Inhalt hin, dass wir glauben, uns auf einige kritische Bemerkungen beschränken zu dürfen.

Das Buch macht den Leser ausser mit den gewöhnlichen Constructionstheilen auch mit einer grossen Anzahl Dampfkesselsysteme und mit Einrichtungen bekannt, welche einen ökonomischen Betrieb und eine rationelle Wartung der Kessel zum Ziel haben. Nicht weniger belehrend sind die ausführlich mitgetheilten Verdampfungs- und Betriebsresultate. Vieles davon ist anderen Quellen, besonders dieser Zeitschrift entnommen.

Wenn wir auch keineswegs mit dem Inhalte durchweg einverstanden sind, z. B. nicht mit den S. 19 „Die Construction der Dampfkessel" gegebenen Anschauungen und S. 56 der mangelhaften Begründung der Berechnung von aussen gepresster Röhren,*) so empfehlen wir doch des vielen Guten wegen unseren sich dafür interessirenden Lesern das 31 Bogen starke, aufs Beste ausgestattete Werk.

R. W.

*) Schreiber dieses hat theoretisch hergeleitet: (Man vergl. Bd. XV, S. 239, d. Z.)

$\delta$ Wandstärke in Millimeter.
$d$ Rohrdurchmesser in Millimeter.
$L$ freie Rohrlänge.
$p$ Ueberdruck pro Quadratcentimeter.

$J = \frac{L \cdot \delta^3}{12}$.

$E = 20000$ pro Quadratmillimeter für Eisenblech;

$$\frac{d \cdot L \cdot p}{2 \cdot 100} = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{J \cdot E}{\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\pi d}{4}\right)^2}.$$

Hieraus:

$$\delta = 0{,}005724 \cdot d \cdot \sqrt[3]{p};$$

dafür erfahrungsmässig der nöthigen Sicherheit und Steifigkeit wegen:

$$\delta = 0{,}009\, d \sqrt[3]{p} + 1{,}3^{mm}.$$

In dem allgemein verbreiteten „Taschenbuch" der Hütte, 11. Aufl., S. 218, ist die vorstehende Formel, während dieselbe in der 9. Auflage noch richtig war, wahrscheinlich infolge des Umrechnens fehlerhaft angegeben. Wir machen bei dieser Gelegenheit auch noch auf die auf der folgenden Seite stehende Fairbairn'sche Formel aufmerksam.

---

## Eisenbahnwesen.

**Vorträge über Eisenbahnbau,** gehalten an verschiedenen deutschen polytechnischen Schulen, begonnen von Dr. E. Winkler. Fünftes Heft, Unterbau. Dritte verbesserte Auflage. Mit 275 Holzschnitten und 5 Farbendruck-Tafeln. 272 S. (Preis 10 *M.*) Prag, 1877. H. Dominicus. —

Das in dritter Auflage vorliegende, durch Aenderungen oder Zusätze verbesserte Heft über Eisenbahn-Unterbau beschränkt sich darauf:

1) die geometrischen Vorarbeiten für Erdbauten, nämlich Stationiren, Nivelliren, graphische Arbeiten, Flächen- und Massenberechnen, Theorie des Transportes durch animalische Kräfte sowie Massenvertheilung;

2) Die Construction der Erdbauten, nämlich Theorie der Böschungen, Material, Deformationen, Construction im Allgemeinen, Einschnitte, Construction der Dämme, Gründung derselben und Entwässerungen erschöpfend darzustellen.

Die vielen der Wirklichkeit entnommenen Beispiele, durch zahlreiche Holzschnitte verdeutlicht, geben der Darstellung einen erhöhten Werth. Den technischen Ausdrücken sind die französischen und englischen beigesetzt, und am Schlusse des Heftes ist ein specielles Verzeichniss der einschlägigen Fachliteratur, einschl. der französischen und englischen Werke, beigefügt.

M.-K.

---

## Maschinenbau.

**Die Maschinenfabrikation.** Entwurf, Kritik, Herstellung und Veranschlagung der gebräuchlichsten Maschinen-Elemente. Von H. v. Reiche, Ingenieur und ord. Lehrer des Maschinenbaues an der k. polytechnischen Schule zu Aachen. Zweite umgearbeitete und stark vermehrte Auflage. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten und einem Atlas von 70 lithogr. Tafeln. 579 S. (Preis 40 *M.*) Leipzig, 1876. Arthur Felix. —

Bücher, wie das vorliegende, sollten in dieser Zeitschrift eine eingehendere Besprechung erfahren, als sie jetzt zumeist in der Rubrik „Technische Literatur" üblich ist. In der That wurden früher, als der Verein noch viel weniger Mitglieder zählte, und der Raum der Zeitschrift nicht durch zahlreiche Vereinsarbeiten und so mannigfache Originalartikel thätiger Vereinsmitglieder in Anspruch genommen war, derartigen Werken Besprechungen gewidmet, welche Auszügen sehr ähnlich waren und gerade deshalb die eingehendste Beurteilung ermöglichten. Auch das vorliegende Buch regt vermöge seiner Eigenartigkeit, vermöge des vielfach Neuen und oft mindestens in neuer meist überraschender Form Mitgetheilten zur eingehendsten Besprechung an, die wir uns leider hier versagen müssen.

Unsere Anzeige kann eben nur den allgemeinen Charakter des Buches und einige Eigenschaften desselben beleuchten, ohne auf die einzelnen Capitel näher einzugehen. Ist es doch auch andererseits nicht so nothwendig, hier den speciellen Inhalt betreffende Aufzählungen zu machen, da das Buch selbst, bereits seit Jahren in zweiter Auflage vorliegend, seinen ausgedehnten Leserkreis sich längst erobert und befestigt hat.

Es wird ja als Lehrbuch der Maschinentheile dem Unterrichte in der Maschinenbaukunde vielfach zu Grunde gelegt und dient ebenso mit grossem Nutzen dem praktisch wirkenden Maschinenconstructeur als fleissig benutzter Rathgeber auf dem Zeichentische. Diese Besprechung mag vielleicht da, wo das Buch bisher noch nicht Eingang gefunden hat, auf die Vorzüge desselben wirksam aufmerksam machen und ferner denjenigen, welche bisher nur die erste Auflage kennen, die Mittheilung bringen, dass die jetzt vorliegende zweite als eine in so mancher Hinsicht verbesserte und durch ganz neu hinzugefügte Capitel (Zapfen und Zapfenreibung, Graphostatik, Verzahnungen, Schwungräder, Berechnung der Keile und Verkeilungen, Schwedler's Vernietungsberechnung, Schraubensicherungen, Schneckenräder, Hyperbelräder, Hanfseiltrieb u. s. w.) wesentlich vermehrte sich darstellt. Aus diesen

Gründen mag es auch Entschuldigung finden, dass diese Besprechung, so sehr verspätet, überhaupt noch hier erfolgt. Sie wird immerhin mehr Werth besitzen als eine sogleich beim Erscheinen des Buches gegebene und etwa nur allgemeine Bemerkungen enthaltende Anzeige.

Der eigenartige Charakter des Buches, welches neben den verbreiteten Lehr- und Handbüchern der Maschinenbaukunde von Redtenbacher und Reuleaux seinen sehr berechtigten Platz behauptet, wurde bereits hervorgehoben bei Besprechung der ersten Auflage (Bd. XV, S. 45 und 792, Bd. XVI, S. 586 d. Z.). Der Verfasser des Buches bemerkte selbst in der Vorrede zur ersten Auflage, „dass er die behandelten Gegenstände und ihre Herstellungsweise fast ausnahmslos seiner eigenen Praxis entlehnt habe. Der Erfolg dieser Methode wird der sein, dass dem Buche eine gewisse Einseitigkeit nicht wird abgesprochen werden können.“ Dieses Selbstbekenntniss war in der That berechtigt. Alle Achtung vor der Vielseitigkeit und dem Umfange der Erfahrungen vorausgesetzt, welche der Verfasser in ausgedehnter Praxis zu sammeln Gelegenheit hatte, so wird doch ein Lehrbuch der Maschinenbaukunde und selbst nur der wichtigsten Maschinentheile bei dem heutigen Stande der Industrie nicht mehr allein oder nahezu allein aus persönlichen Erfahrungen aufgebaut werden können. Das bei der rastlos fortschreitenden Maschinenwissenschaft Errungene kann häufig, wie wir dies gerade in den letzten Jahren erlebten, nicht so schnell Gelegenheit finden zu ausgedehnter praktischer oder gerade alltäglicher Verwendung. Demnach haben solche Errungenschaften ein gutes Recht, in einem Lehrbuche der Maschinenwissenschaft einen Platz zu finden. Soll doch gerade die Schule auch darin einen fruchtbringenden Erfolg finden, nicht nur das in der Erfahrung Gesammelte ihren Jüngern gesichtet zu bieten, sondern auch durch die Aufstellung neuer wissenschaftlicher Lehren, durch die Ausbildung neuer Methoden diesen ihren Jüngern die Mittel zu verschaffen, mit grösserem Nutzen durch Anwendung des Gebotenen selbst Erfahrungen zu sammeln.

Wir freuen uns nun constatiren zu können, dass die zweite Auflage jene „Einseitigkeit“ in vielen Beziehungen abgelegt hat, dass dadurch das Werk als Lehrbuch zu seinen gerade in dieser Eigenartigkeit liegenden unbestreitbaren Vorzügen noch den einer umfassenderen Berücksichtigung der neuen Lehrmethoden und anderweitig in der Literatur bekannt gewordenen Constructionen erhalten hat. Hierhin rechnen wir namentlich die Behandlung der Achsen, Kurbeln und Wellen auf graphostatischem Wege nach Reuleaux. Es ist wol keine Frage, dass diese Verbesserungen Product der Lehrerfahrungen des Verfassers sind, welcher nicht lange nach Veröffentlichung seiner mannigfachen in der technischen Literatur hochgeachteten Werke einen Ruf an die technische Hochschule in Aachen erhielt und dort als Professor der Maschinenbaukunde wirkt.

In dieser die Behandlungsmethoden betreffenden Richtung wird jedenfalls die Zukunft in einer wol nicht so lange ausbleibenden dritten Auflage auch noch manches Verbessernde bringen, von dem wir in der zweiten Auflage bereits an einigen Stellen die Anfänge bemerkt zu haben glauben. Wir rechnen hierhin den Einfluss der Reuleaux'schen formbehandelnden Kinematik. Bereits mehrfach finden wir die gleichartigen Maschinentheile verschiedener Construction typisch in einfachen Strichen neben einander gestellt und so eine namentlich dem Anfänger äusserst erleichterte, auf die Hervorhebung des wesentlich Unterscheidenden beschränkte Uebersicht geboten. Wird diese kinematische Richtung noch mehr durchgeführt, so werden Inconsequenzen vermieden, wie z. B. dass in dem Capitel „Die Transmission der rotirenden Bewegung“ zwar die Riemenscheiben enthalten sind, nicht aber die Seiltransmissionen, die in dem Capitel „Ketten und Seile und ihre Scheiben und Trommeln“ vorkommen.

Jedoch nicht allein in der Methode ist die zweite Auflage gegen die erste so wesentlich verbessert; auch viele neue Constructionen aus der allgemeinen Praxis sind hinzugefügt worden, so dass berechtigte Wünsche in dieser Beziehung zur grösseren Vermeidung der vorbesprochenen „gewissen Einseitigkeit“ wol nur noch wenige geltend gemacht werden dürften. Freilich können wir hierbei nicht verschweigen, dass die gänzliche Nichtbeachtung der doch volle Berechtigung zu näherer Behandlung besitzenden amerikanischen Transmissionslager uns als ein Mangel erscheint.

Der Verfasser spricht in der Vorrede denjenigen Ingenieuren und Fabriken, welche ihn durch Mittheilungen unterstützt haben, seinen in hohem Masse berechtigten Dank aus. Dabei kann er indessen einen Stossseufzer nicht unterdrücken, dessen Wahrheit wir aus eigener Erfahrung leider nur bekräftigen können. Er kann nämlich „nicht unterlassen, zu bedauern, dass in der Mehrheit gerade die Maschinenfabriken Deutschlands gegen Bitten um Unterstützung der studirenden Jugend durch Mittheilung von Constructionszeichnungen in den meisten Fällen taub und stumm, jedenfalls viel harthöriger gewesen sind als die grossen Maschinenfabriken gerade des Auslandes.“ Indem wir mit diesem Citate unsere Besprechung des vortrefflichen Buches schliessen, mag die Hoffnung noch Ausdruck finden, dass die segensreiche Wirkung des deutschen Patentgesetzes auch darin sich bald bekunden möge, dass die geschilderte Zurückhaltung der deutschen Maschinenfabriken zum Besten des Unterrichtes an unseren technischen Anstalten immer mehr verschwinde.

L.

## Arbeitsmaschinen.

**Die Anwendung der Pulsometer**, C. Henry Hall's Patent, beim Wasserhaltungsbetriebe auf „Adolph-Schacht“ der Braunkohlengrube cons. Hermania bei Reichenwalde nebst Ermittelung des Heizeffectes der dortigen Braunkohlen von C. Eichler, Bergwerksdirector. 42 S. u. 1 Tafel. Berlin, 1878. Carl Heymann. —

Während das Sachregister des Jahrg. 1877 d. Z. auf nicht weniger als 11 Artikel über Pulsometer hinweist, sucht man dieses Wort vergeblich in dem Register des soeben geschlossenen Jahrganges. Dieser wol nur scheinbaren Erschöpfung der interessanten Pulsometerfrage innerhalb unseres Vereines gegenüber ist uns die oben genannte Schrift eine nicht nur angenehme, sondern auch wichtige Erscheinung, indem wir aus derselben, als auf vielfache Versuche und Erfahrungen begründet, sehen, welch zuverlässigen und doch anspruchslosen Dienst das Pulsometer, von seinem starken Dampfverbrauch abgesehen, leistet, wenn dasselbe unter dazu geeigneten Verhältnissen angebracht ist.

Die neueste Verbesserung der von der Wilhelmshütte bei Sprottau gelieferten Pulsometer besteht wesentlich in dem Ersatz der früheren Kugelventile durch sich als sehr haltbar erweisende Hartgummiklappen, welche eine wesentlich erhöhte Leistungsfähigkeit infolge rascherer Pulsation ergeben. Bei grösseren Förderhöhen als etwa $30^m$ werden, wie das hier durch Zeichnungen recht klar gemacht ist, mehrere Pulsometer über einander aufgestellt bezw. an Ketten aufgehängt. Da der zum Betrieb nöthige Dampf durch unverkäufliche und sonst werthlose Staubbraunkohlen erzeugt wird, so fällt der noch fast einzige bei der jetzigen Construction der Pulsometer eben unvermeidliche Fehler des grossen Dampfconsums hier wenig ins Gewicht. Vergleiche mit dem Dampfverbrauch unter Anwendung von Kolbenpumpen können nicht als massgebend gelten, wie solche beispielsweise auf S. 27 u. 28 angestellt sind, wo einer Dampfmaschine, welche wir auf mindestens 30 Pferdekraft indicirte Leistung rechnen, der dagegen nur eine Förderleistung von 4,7 Pferdekr. zugestanden wird.

Einiges über die Ermittelung der Heizkraft dortiger Braunkohlen bildet den Schluss der von uns hiermit empfohlenen Broschüre.

R. W.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# ZEITSCHRIFT

DES

# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

**1879.** **Band XXIII. Heft 4.** **Aprilheft.**

## Abhandlungen.

### Ueber Turbinen.

Von **J. C. Bernhard Lehmann**, Maschinenfabrik-Director in Erfurt.

(Schluss von Seite 31.)

#### IV. Ueber den Wirkungsgrad und über Systeme der Turbinen.

Bei dem Streben, mit welchem man besonders gegenwärtig die motorische Vollkommenheit der Turbine d. h. die Ausnutzung der Wasserkraft durch die Turbine in der überhaupt erreichbar grössten Weise zu bewerkstelligen sucht, tritt bei der Construction als ein wichtiges Erforderniss an den Ingenieur heran, die Kraftverluste einzeln einer Prüfung zu unterwerfen und bemüht zu sein, dieselben auf ihr relatives und praktisches Minimum zu bringen. Dieses Verfahren, welches in der Turbinenliteratur noch nicht eingehender behandelt wurde, ist bei schwierigen Wasserverhältnissen mit mannigfachen Erwägungen, unterstützt durch Erfahrungen, verbunden. Eine hierdurch erzielte, gut arbeitende Turbine kann man aber vom wissenschaftlichen Standpunkte aus nicht mehr, wie dies früher geschah, als gelungen bezeichnen, da dem Begriff Gelingen die Mitarbeiterschaft des Zufalles anhaftet. Die Erreichung des der Construction zu Grunde gelegten Wirkungsgrades wird, richtige Construction vorausgesetzt, nicht gehindert durch die Nichterfüllung der Constructionsbedingungen in der Wirklichkeit, sondern durch die Abweichung der Widerstandsgrössen der Wirklichkeit von denen der Annahme für die Construction. Wenn also die Construction ein bestimmtes Resultat mit Sicherheit ergeben soll, so müssen die den Wirkungsgrad herabziehenden Kraftverluste mit grösstmöglicher Bestimmtheit bekannt sein und eingeführt werden. Diese Verluste, welche von der absoluten Grösse einer Wasserkraft in Abzug kommen, um hiernach die wirklich nutzbar gemachte, von der Turbinenachse zu übertragende Leistung der Turbine übrig zu lassen, sind folgende:

1) Kraftverlust bei der Führung des Wassers bis zum Leitapparate, abgesehen von den für sich in Rechnung zu ziehenden Widerständen einer etwa vorhandenen Rohrleitung;

2) Kraftverlust durch die Widerstände beim Durchgang des Wassers durch den Leitapparat;

3) Kraftverlust beim Uebertritt des Wassers aus dem Leitapparate in das Laufrad; dieser Kraftverlust, welcher auch durch die richtigste Schaufelform und die günstigste Formung der Schaufelenden nicht vollständig aufgehoben wird, kann, je nach dem Wirkungssystem der Turbine, durch Wasseraustritt durch den Spalt oder durch Lufteinsaugung durch letzteren noch vermehrt werden;

4) Kraftverlust durch die Widerstände beim Durchgang des Wassers durch das Laufrad;

5) Kraftverlust durch die absolute Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Laufrade;

6) Kraftverlust durch den Widerstand der Luft oder des Wassers gegen das, in der Luft oder im Wasser sich drehende Laufrad;

7) Kraftverlust durch die Reibungswiderstände an der Turbinenachse.

Diese sieben Kraftverluste sind unabwendbar und untrennbar von der materiellen Maschine; es ist nun Aufgabe des Constructeurs, soweit die Construction mitwirken kann, und Aufgabe der Ausführung, soweit die vollendete Herstellung der mit dem bewegten Wasser in Berührung kommenden und der sich reibenden Flächen in Betracht kommt, die Verluste auf ein zweckmässiges Minimum zu reduciren. Diese Aufgabe, namentlich insofern sie Ansprüche an die Construction stellt, ist keineswegs so einfach, als sie vielleicht erscheinen mag, denn die Momente, welche in der einen Richtung zur Minderung des einen Verlustes führen, wirken verschiedentlich zur Erhöhung eines anderen. Die Lösung dieser Aufgabe führt bei den mannigfaltigen und bei, für verschiedene Wasserkräfte construirten Turbinen zu verschiedenen Werthen, ohne dass bei einem procental grösseren Kraftverluste immer ein Vorwurf gegen den Constructeur gerechtfertigt sein würde.

Ich will die angeführten sieben Verluste in folgende drei zusammenfassen, in

## Schaufelung der Actionsturbinen.

**Fig. 20. Axialturbine.**

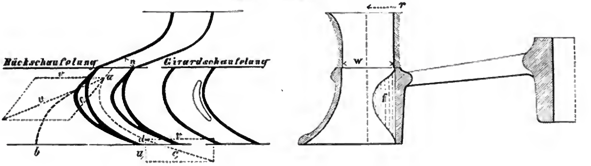
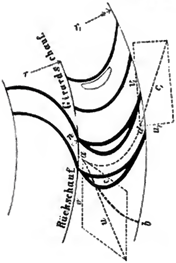



**Fig. 21. Von innen beaufschlagte Radialturbine.**



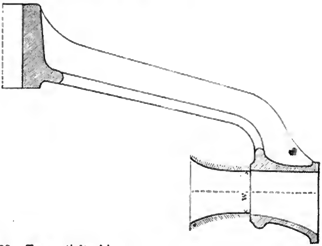



**Fig. 23. Tangentialturbine.**

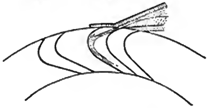
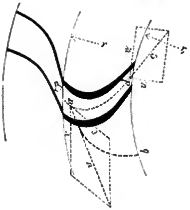
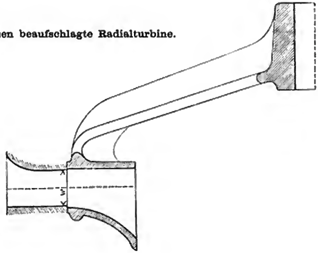


**Fig. 22. Von aussen beaufschlagte Radialturbine.**





1) Verlust durch die gesammten hydraulischen Widerstände, einschliesslich des eventuellen Wasserverlustes durch die Spalte,

2) Verlust durch den Austritt des Wassers aus dem Laufrade,

3) Verlust durch die Achsenreibung.

Die allgemeinen Angaben über die Höhe dieser Verluste sind sehr verschieden und es mögen hier einige derselben nach ihren literarischen Quellen kurz angeführt sein.

1) Den Kraftverlust durch die hydraulischen Widerstände beziffert Professor Fink*) wie folgt:

15 pCt. bei Axialturbinen,

20 pCt. bei Radialturbiuen mit innerer Beaufschlagung,

12 bis 17 pCt. bei Radialturbinen mit äusserer Beaufschlagung, und zwar den kleineren Werth bei Reactions-, den grösseren bei Actionswirkung des Wassers.

Professor Weisbach**) giebt unter Zugrundelegung seiner Versuche den in Rede stehenden Kraftverlust zu 5 bis 10 pCt. an.***) Professor Rühlmann †) setzt denselben im allergünstigsten Falle (bei Radial-Vollturbinen) mindestens 6 pCt. Dieser Kraftverlust ist der bedeutendste, leider aber der am wenigsten genau bestimmte, und wären daher zuverlässige praktische Ermittelungen sehr wünschenswerth: bei verschiedenen eigenen Untersuchungen fand ich einen Kraftverlust von 10 bis 15 pCt. ††)

2) Den Kraftverlust durch die absolute Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Laufrade beziffert Professor Fink 4 bis 6¼ pCt. bei Axialturbinen, ebenso hoch bei Radialturbinen mit innerer Beaufschlagung, 6 pCt. bei Radialturbinen mit äusserer Beanfschlagung.

Dieser Verlust ist ans der Schaufelung genau berechenbar. Nach meinen eigenen, zahlreichen Constructionen kann die untere Grenze für den in Rede stehenden Verlust mit 3 bis 7 pCt. angenommen werden und zwar der geringere Werth bei Axialturbinen und von aussen beaufschlagten Radialturbinen, der grössere bei von innen beaufschlagten Radialturbinen.

3) Den Kraftverlust durch die Widerstände der Achsenreibung ermittelte ich im Abschnitt III.

Fasst man die über die drei Kraftverluste gemachten Angaben zusammen, so sind bei nicht ungewöhnlichen Wasser- und Kraftverhältnissen durchschnittlich folgende Procente von dem Werthe der absoluten Wasserkraft in Abzug zu bringen, um den erreichbar höchsten Wirkungsgrad*) zu erhalten:

| | Axial-turbine | Radialturbine, beaufschlagt von innen | Radialturbine, beaufschlagt von aussen |
|---|---|---|---|
| für die hydraulischen Widerstände | 12 | 14 | 10 |
| für den Austrittsverlust . . . | 3 | 7 | 6 |
| für die Achsenreibung . . . | 3 | 2 | 2 |
| Gesammtverlust | 18 | 23 | 18 |
| somit durchschnittlich erreichbar höchster Wirkungsgrad | 82 | 77 | 82 pCt. |

Welche Höhe in einem gegebenen Falle der Wirkungsgrad hat, hängt von der Lage des Werthes innerhalb der Grenzen ab, welche für die Einzelverluste gelten. —

Wenn man die Güte der verschiedenen Turbinenarten nach den über dieselben veröffentlichten Wirkungsgraden beurteilen wollte, so müsste den sogenannten amerikanischen Turbinen der Vorrang vor allen anderen gebühren, denn mit jenen würde nicht allein das Möglichste, sondern im Hinblick auf die vorstehenden Aufstellungen auch das bisher Unmögliche geleistet worden seiu. Ans den zahlreichen Versnchsreihen eines Berichtes**) über die mit vielen amerikanischen Turbinen und in grossem Massstabe angestellten Versuche zu Lowell und Holyoke (Mass.) hebe ich die folgenden Turbiuen mit Angabe des bei voller Beaufschlagung und mit Ueberfallöffnung erzielten Wirkungsgrades, bis zu 75 pCt. herabsteigend, heraus:

| | | | Durchmesser | Gefälle |
|---|---|---|---|---|
| Boyden | Turbine | 92 pCt. | 2,660m | 5,486m |
| Risdon | „ | 91,3 „ | 1,092m | „ |
| Atlantic | „ | 89 „ | — | „ |
| Honston | „ | 86,75 „ | 1,270m | „ |
| Americ. | „ | 83,14 „ | 1,219m | „ |
| Swain | „ | 82,2 „ | 1,067m | 4,343m |
| Burnham | „ | 81 „ | 0,762m | 5,486m |
| Leffel | „ | 79,7 „ | 1,016m | — |
| Stetson | „ | 79,26 „ | 0,762m | 4,600m |
| Allentown | „ | 78,8 „ | 0,914m | 5,486m |
| Excelsior | „ | 78,8 „ | 1,067m | „ |
| Eclipse | „ | 76,3 „ | 0,762m | „ |
| Bodine | „ | 75,9 „ | 0,890m | 4,480m |
| Libby | „ | 75,61 „ | 0,762m | 4,682m |
| Bryson Turret | „ | 75,14 „ | 1,067m | 4,267m |

*) C. Fink, „Theorie und Construction der Turbinen", Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen, Jahrgang 1877, Heft III.

**) J. Weisbach, „Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik", Band II.

***) Dass diese Werthe zu niedrig sein dürften, wurde von mir bereits im Jahrgang 1861 dieser Zeitschrift, Seite 195 erörtert.

†) Stenographischer Bericht der zehnten Generalversammlung des Verbandes deutscher Müller und Mühleninteressenten. Frotscher, Arnstadt, 1877. Seite 8.

††) Meine Ermittelungen über die hydraulischen Widerstände in der Rothenburger Turbine (Jahrg. 1861 d. Z. S. 194, 195, 272 und 273) weisen zum Theil noch höhere Werthe nach: auf diesbezügliche spätere Untersuchungen an anderen Turbinen komme ich an anderer Stelle zurück.

*) Nach Professor Fink würde man einen Wirkungsgrad über 80 pCt. überhaupt nicht erreichen können, denn derselbe nimmt in seiner bereits angezogenen Abhandlung an:

| | Axial-turbine | Radialturbine beaufschlagt von innen | Radialturbine beaufschlagt von aussen |
|---|---|---|---|
| Zapfen- und Lagerreibung, sowie Verlust durch die Fuge . . | 3¾ | 2*) | 2*) pCt. |
| Hydraulische Widerstände zusammen . . . . . . . . . | 15 | 20 | 12 bis 17 pCt. (Reaction Action) |
| Austrittsverlust . . . . . . . | 6¼ | 4 bis 6¼ | 6 pCt. |
| Gesammtverlust . . . . . . | 25 | 26 bis 28¼ | 20 bis 25 pCt. |
| somit erreichbarer höchster Wirkungsgrad . . . . . . | 75 | 74 bis 71¾ | 80 bis 75 pCt. |

*) Ohne Verlust durch die Fuge.

**) Dr. H. Grothe, Amerikanische Turbinen, „Deutsche allgemeine polytechnische Zeitung", Jahrgang 1877.

Fast sämmtliche dieser Turbinen sind von aussen beaufschlagte Radialturbinen; dieses System ist überhaupt der Typus der amerikanischen Turbinen, von dem selbstverständlich auch Abweichungen vorkommen. Die Summe der aufgestellten drei Kraftverluste dürfte bei einer amerikanischen Turbine mit 92 pCt.*) Wirkungsgrad nur 8 pCt., also noch nicht die Hälfte des Werthes betragen, der als erreichbar niedrigster zu 18 pCt. gefunden wurde. Der Kraftverlust durch die hydraulischen Widerstände dürfte 4,44 pCt. nicht überschreiten; die Construction der amerikanischen Turbinen weist aber weder ungekannte Vorzüge, noch weniger grössere Einfachheit auf, auch ist die Ausführung keineswegs besser, als man sie von guten europäischen Fabriken gewöhnt ist. Die Construction der amerikanischen Turbinen zeigt häufig einen Gefallen an Complicationen. Bei der in Rede stehenden 92procentigen amerikanischen Turbine dürfte der Kraftverlust durch den Austritt des Wassers aus dem Laufrade nur 2,66 pCt. und der Kraftverlust durch die Achsenreibung nur 0,9 pCt. betragen; die bekannten amerikanischen Constructionen begründen diese Werthe in keiner Weise.

Es ist nun eine wiederholt bestätigt gefundene Thatsache, dass, wenn diese hochprocentigen amerikanischen Turbinen bei uns einer strengen Untersuchung unterworfen werden, nicht mehr Leistungen über dem Niveau des bei uns Möglichen, sondern meistens unter demselben sich ergeben.**)

Betreffs des Wirkungsgrades amerikanischer Turbinen ist ferner der Bericht***) der internationalen Jury der 1876er Weltausstellung zu Philadelphia von vielem Interesse. Dieser von Samuel Webber an John S. Albert, den Vorsteher des Büreaus für die Maschinenausstellung gerichtete Bericht enthält die Protokolle über Untersuchungen, welche auf Ansuchen des letzteren von ersterem zwischen dem 21. September und 10. November 1876 mit den Turbinen in der hydraulischen Abtheilung der Maschinenhalle angestellt wurden. Das Wasser wurde durch zwei mächtige, durch oscillirende Dampfmaschinen getriebene Centrifugalpumpen in einen Behälter gehoben und von da durch ein $1{,}220^m$ weites Rohr nach dem Raume geführt, in welchem die Turbinen aufgestellt waren. Am unteren Ende des Abflussgerinnes war ein Ueberfall zum Messen des Wassers angebracht. Sowol für die Messungen am Ueberfall als an der Bremse waren die zuverlässigsten Einrichtungen getroffen, so dass der Genauigkeit der entnommenen Daten alles Vertrauen geschenkt werden darf. Bei den Versuchen mit den Turbinen 1, 9, 10, 11, 13 und 19 der nachstehenden Tabelle fand eine bedeutende Undichtheit im Zuflussrohre statt, welche besonders ermittelt und berücksichtigt werden musste; durch Kalfatern und Einstemmen von Blei wurde die Undichtheit wesentlich ermässigt und bei den Versuchen mit den übrigen Turbinen gleichmässig mit $406^l$ pro Minute angenommen. Der Ueberfall war $2{,}743^m$ breit, und ergiebt sich bei einer Nachrechnung der Tabellen des Berichtes der Coefficient durchschnittlich zu 0,4 (zwischen 0,385 und 0,404 schwankend). Die nachstehende Tabelle enthält nur die wichtigsten Angaben über die zur Untersuchung gezogenen Turbinen und ist die Reihenfolge der letzteren nach dem abnehmenden Wirkungsgrade geordnet; es sind ferner nur die für den günstigsten Wirkungsgrad geltenden Versuchsreihen bei voller und bei halber Beaufschlagung angeführt worden. Die Laufradzellen der meisten dieser von aussen beaufschlagten Radialturbinen münden nach unten.

Der Berichterstatter sagt:

„Gleichviel welche absolute Richtigkeit auch die Resultate haben mögen, so wird man sich doch stets auf einen Vergleich derselben unter einander verlassen können, da die sämmtlichen Versuche unter gleichen Verhältnissen angestellt und die verschiedenartigen Daten von denselben Beobachtern aufgezeichnet wurden, von denen Keiner irgend ein Interesse an dem Resultat oder Gelegenheit hatte, zu derselben Zeit die Beobachtungen zu kennen, welche an den anderen Stationen gemacht wurden.“ Da das Gerinne vor dem Ueberfall $4{,}270^m$ breit war, also ein Verhältniss von 0,643 zwischen der Ueberfall- und der Gerinnebreite stattfand, so würde nach den Castel'schen Angaben der Coefficient nicht 0,4, sondern 0,421 und würden somit die Wirkungsgrade nur 0,95 der Tabellenwerthe betragen. Den höchsten Wirkungsgrad weist unter 1) die Risdon-Turbine auf, dessen Tabellenwerth von 0,865 sich auf 0,822 reduciren würde. Die mit grosser Reclame in Amerika verbreitete Bollinger-Turbine unter 14) muss sich mit 0,728, oder dem reducirten Wirkungsgrade von 0,691 begnügen. Den geringsten Wirkungsgrad bietet Noyes' Turbine unter 19) mit 0,624 oder dem reducirten Wirkungsgrade von 0,593; die Erbauer schreiben in ihrem Prospect diesen Turbinen einen höheren Wirkungsgrad zu, als mit einem bestconstruirten oberschlägigen Wasserrade zu erreichen ist.

Aus der nebenstehenden Tabelle geht hervor, dass diese amerikanischen Turbinen schon bei der Minderung der Beaufschlagung auf die Hälfte ganz bedeutend am Wirkungsgrade verlieren, also nichts weniger als ökonomische Motoren für veränderliche Wasserzuflüsse sind.

Einige Bemerkungen über die Bestimmung des Wirkungsgrades durch directe Messungen mögen hier Platz finden.

Die Bremsmessung wird, wenn nicht ungewöhnliche Umstände obwalten, fast immer richtige Resultate ergeben; anders verhält es sich mit der Wassermessung.

*) Die Delphos Iron Works in Delphos U. S. schreiben mir, dass sie für ihre Turbinen einen Wirkungsgrad von 90 pCt. garantiren. Es ist dies eine von aussen beaufschlagte Radialturbine mit Ausfluss nach unten.

**) Auch bei manchen nicht amerikanischen Turbinen findet man diese Thatsache vor, und nehme ich nebenher Bezug auf den Schluss meines Berichtes „Notizen über die Londoner Industrie-Ausstellung im Jahre 1862“ im Jahrg. 1863 dieser Zeitschrift.

***) Derselbe ist auf Veranlassung des königl. Preussischen Ministers für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten ins Deutsche übertragen worden und im Verlage von Carl Heymann, Berlin, 1879 erschienen.

| | Aussteller | Turbinen-System | Rad-Durchmesser mm | Volle Beaufschlagung | | | | Halbe Beaufschlagung | | | | Verhältniss des Wirkungsgrades bei halber zu dem bei voller Beaufschlagung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gefälle m | Umdrehungen in einer Minute | Nutzleistung in Pferdestärken | Wirkungsgrad | Gefälle m | Umdrehungen in einer Minute | Nutzleistung in Pferdestärken | Wirkungsgrad | |
| 1. | T. H. Risdon & Co., Mount Holly, N. J. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, feste Leitschaufeln. | 762 | 9,253 | 258,5 | 82,72 | 0,865 | 9,448 | 258 | 42,31 | 0,753 | 0,87 |
| 2. | National Water-Wheel Co., Bristol, Conn. | do. do. | 635 | 9,195 | 279 | 62,49 | 0,837 | — | — | — | — | — |
| 3. | R. D. Wood & Co., Philadelphia. Geyelin's einfache Turbine. 2 concurrirende Versuche. | Einkränzige Axialturbine, von oben beaufschlagt, feste Leitschaufeln. | 915 | 8,930<br>9,022 | 213,5<br>205,5 | 68,32<br>64,11 | 0,833<br>0,768 | — | — | — | — | — |
| 4. | Thoma Tait, Rochester, N. Y. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, bewegliche Leitschaufeln. | 635 | 9,448 | 288,5 | 46,16 | 0,820 | 9,585 | 277,5 | 22,20 | 0,651 | 0,79 |
| 5. | Putnam Machine Co., Fitchburg, Mass. Tyler'sche Turbine. | do. do. | 762 | 9,160 | 257 | 74,02 | 0,795 | 9,342 | 260 | 41,60 | 0,660 | 0,83 |
| 6. | E. T. Cope & Sons, West Chester, Pa. 2 concurrirende Versuche. | do. do. | 762 | 8,900<br>9,205 | 258<br>255 | 80,50<br>61,20 | 0,787<br>0,668 | — | — | — | — | — |
| 7. | Rodney Hunt, Orange, Mass. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, feste Leitschaufeln. | 610 | 8,982 | 300 | 81,60 | 0,786 | 9,226 | 300 | 50,40 | 0,666 | 0,87 |
| 8. | R. D. Wood & Co., Philadelphia. Geyelin's Doppelturbine. | Doppelkränzige Axialturbine, von oben beaufschlagt, feste Leitschaufeln. | 915 | 9,006 | 217,5 | 69,60 | 0,781 | — | — | — | — | — |
| 9. | Goldie & Mc Cullough, Galt, Prov. Ontario, Canada. 2 concurrirende Versuche. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, bewegliche Leitschaufeln. | 685 | 9,220<br>9,160 | 320<br>281,5 | 66,56<br>78,82 | 0,723<br>0,822 | 9,342 | 312 | 42,43 | 0,605 | 0,82<br>0,73 |
| 10. | Knowlton & Dolan, Logansport, Indiana. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, feste Leitschaufeln. | 610 | 9,366 | 282,5 | 67,8 | 0,763 | 9,512 | 270,5 | 34,62 | 0,621 | 0,81 |
| 11. | Barber & Harris, Meaford, Provinz Ontario, Canada. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, bewegliche Leitschaufeln. | 508 | 9,503 | 330,5 | 37 | 0,760 | 9,638 | 271,5 | 17,37 | 0,717 | 0,94 |
| 12. | Wm. F. Mosser, Allentown, Pa. Die zweite Reihe gilt nicht für 0,5, sondern für 0,7 Beaufschlagung. | do. do. | 610 | 9,314 | 300 | 50,40 | 0,750 | 9,478 | 312 | 29,95 | 0,638 | 0,85 |
| 13. | A. N. Wolff, Allentown, Pa. | do. do. | 610 | 9,193 | 300 | 64,80 | 0,746 | 9,415 | 290 | 27,84 | 0,616 | 0,82 |
| 14. | York Manufacturing Co., York, Pa. Bollinger'sche Turbine. | do. do. | 685 | 9,296 | 270 | 51,84 | 0,728 | 9,402 | 277 | 35,45 | 0,659 | 0,90 |
| 15. | do. do. | do. do. | 665 | 9,278 | 292,5 | 56,16 | 0,704 | 9,390 | 290 | 32,48 | 0,597 | 0,84 |
| 16. | Stout, Mills & Temple, Dayton, Ohio. | do. do. | 762 | 9,006 | 231 | 64,68 | 0,684 | 8,985 | 242 | 52,27 | 0,680 | 0,99 |
| 17. | Chase Manufacturing Co., Orange, Mass. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, ohne Leitschaufeln. | 610 | 9,083 | 355 | 59,64 | 0,683 | 9,180 | 350 | 36,40 | 0,568 | 0,83 |
| 18. | York Manufacturing Co., York, Pa. Bollinger'sche Turbine. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, mit centralem Ausfluss, bewegliche Leitschaufeln. | 685 | 9,120 | 240 | 49,92 | 0,644 | — | — | — | — | — |
| 19. | John T. Noyes & Sons, Buffalo, N. Y. | Radialturbine, von aussen beaufschlagt, bewegliche Leitschaufeln. | 610 | 9,478 | 269 | 36,58 | 0,624 | 9,534 | 272,5 | 19,62 | 0,514 | 0,82 |

Alle die ausserordentlichen Wirkungsgrade verdanken ihre Höhe der Wassermessung und zwar der Anwendung gewisser Coefficienten bei der Messung mittelst Ueberfall oder Durchfluss. Die für diese Messungen in der Praxis verwendeten Formeln bezw. Coefficienten sind bekannt und eine Kritik über dieselben liegt ausserhalb des Gebietes dieser Abhandlung. Die betreffenden Formeln bezw. Coefficienten finden ihre berechtigte Anwendung und haben die Resultate eine volle Zuverlässigkeit, wenn die Verhältnisse des Anwendungsfalles und die des Versuches, aus welchem der Coefficient entstanden, ganz oder nahe dieselben sind. Aus Versuchen gebildete Formeln werden über das Versuchsgebiet hinaus unsicher*), ja unrichtig; man erhält bei einem Anwendungsfalle verschiedene Resultate, je nachdem man nach Formeln bezw. Coefficienten rechnet, welche verschiedenen Versuchsverhältnissen entstammen.

Dieser nur ganz allgemeinen Anführung werden alle diejenigen zustimmen, welche in dem Falle waren, gewissenhafte Wassermessungen ausführen zu sollen und die Resultate verschiedener Messungs- und Berechnungsarten zu vergleichen. Aus meiner eigenen Praxis gestatte ich mir nur, folgender Untersuchung Erwähnung zu thun: Es stand mir ein langes Gerinne mit rechteckigem Querschnitt zur Verfügung; am Anfange des Gerinnes befand sich ein Spannschütze, am Ende liess ich einen Ueberfall und in der Mitte auf eine längere Strecke eine Querschnittsverminderung herstellen, um daselbst Messungen mittelst eines durch Eichung genau justirten Woltmann'schen Hydrometers vorzunehmen. Das übergefallene Wasser konnte im Untergraben, welcher einen rechteckigen Querschnitt hatte, dicht und mittelst einer Schützenwand abgeschlossen war, unmittelbar durch Eichung gemessen werden. Spannschützen und Ueberfall hatten die für die anzuwendenden Coefficienten einzuhaltenden Verhältnisse. Das Ergebniss der wiederholt angestellten Versuche war, dass die im Untergraben durch Eichung bestimmte Wassermenge der durch das Hydrometer gemessenen am nahesten stand, dagegen nicht unerheblich grösser als die mittelst Durchfluss und als die mittelst Ueberfall bestimmte war. Diese hier nur angedeuteten Versuche werde ich an anderer Stelle ausführlich beschreiben, sie bestätigen aber im Allgemeinen die von erfahrenen Fach-Ingenieuren oft gehörte Behauptung, dass mittelst Ueberfall- und Durchflussmessungen, zweifellos richtige Vornahme derselben selbstverständlich vorausgesetzt, meistens günstigere Wirkungsgrade der Turbinen herausexperimentirt werden, als solche in Wirklichkeit besitzen*). Es wäre ein sehr verdienstliches Unternehmen von Vereinen interessirter Fachkreise, durch im Grossen und mit Schützen, wie sie in der Praxis üblich sind, angestellte Versuche die bis jetzt vorhandenen empirischen Werthe zu ergänzen. Aus diesem Grunde sind die vorerwähnten von Hrn. A. Linnenbrügge, Compagnon der Firma Nagel & Kaemp in Hamburg auf einer grösseren Versuchsstation ausgeführten Versuche über Wassermessungen mittelst Durchfluss unter Wasser als eine höchst dankenswerthe Arbeit zu begrüssen.

Ich kann diese Besprechung über die Messung des Wirkungsgrades einer Turbine nicht verlassen, ohne ganz besonders der jüngsten der Oeffentlichkeit übergebenen derartigen Untersuchung zu gedenken, die im „Civilingenieur", Heft 2 und 3 vorigen Jahres unter dem Titel enthalten ist „Ueber die Girard-Turbinen der Campmühle auf der Fürstlich Bismarck'schen Herrschaft Varzin, von Director Ed. Haenel in Magdeburg." **) Die Versuche sind von Hrn. Professor Zeuner, dem Director des königl. Polytechnicums in Dresden, in wahrhaft classischer Weise ausgeführt. Zur Wassermessung diente das Woltmann'sche Hydrometer und

---

*) Ich wies hierauf bereits im Jahrg. 1861 d. Z., S. 179 hin. So können z. B. die im „Hannoverschen Wochenblatt für Handel und Gewerbe", Jahrg. 1875 in No. 47 in der Abhandlung unter der Ueberschrift „Zwei ganz vorzüglich gelungene Turbinen der Hannoverschen Papierfabrik zu Gronau a. d. Leine" veröffentlichten Wirkungsgrade nicht als zuverlässig ermittelt angesehen werden, weil zur Berechnung der mittelst Durchfluss unter Wasser bestimmten Wassermenge ein Coefficient über die Grenze hinaus angewendet worden ist, bis zu welcher der Experimentator dieses Coefficienten denselben als anwendbar ermittelt hat, ausserdem auch die Schützenbreite das Dreifache von derjenigen betrug, bei welcher der Coefficient erhalten wurde.

Bezeichnet

$h_2$ die Wassertiefe unterhalb der Schütze und

$a$ die Oeffnungshöhe,

so ist, da in Gronau

$$h_2 = 1{,}919^m \quad \text{und} \quad a = 0{,}202^m$$

war, der Werth

$$\frac{a}{h_2 - \frac{a}{2}} = 0{,}111.$$

Im Jahrgang 1871, 1. Heft des „Civilingenieur" veröffentlicht Hr. Kunstmeister Bornemann in Freiberg die von ihm angestellten „Versuche über den Ausfluss unter Wasser bei Schützen" und sagt auf S. 58 wörtlich: „Verfasser glaubt demnach die Formel (2) innerhalb der Grenzen $\frac{a}{h_2 - \frac{a}{2}} = 0{,}17$ bis $0{,}55$ empfehlen zu dürfen, wobei er es freilich vor der Hand dahin gestellt sein lassen muss, ob dieselbe auch für schmälere oder andererseits für breitere Mündungen anwendbar ist, als die bei den Versuchen benutzte Schütze von $1{,}006^m$ Weite."

Die Schützenweite betrug aber in Gronau $3{,}217^m$. Die Ergebnisse betreffender Durchfluss-Wassermessungen erklärt Hr. A. Linnenbrügge in Hamburg auf S. 16 des stenographischen Berichtes der 1877er Generalversammlung des deutschen Müllerverbandes als zu klein, den Wirkungsgrad der Turbine somit als zu gross berechnet. Von Genanntem bringt das erste diesjährige Heft des „Civilingenieur" eine, sehr sorgfältige Untersuchungen enthaltende Abhandlung: „Wassermessungen bei Schützenöffnungen unter Wasser." Hr. Linnenbrügge führt unter Zugrundelegung seiner Versuchsergebnisse aus, dass bei der in Rede stehenden Turbine der Wirkungsgrad nicht 78, sondern nur 57 pCt. betrage.

*) Verschiedene, namentlich amerikanische Turbinenfabrikanten bestimmen bei der Garantie des Wirkungsgrades die Wassermessung mittelst Ueberfall mit bestimmten Coefficienten.

**) Diese Turbinen sind eine der zahlreichen, anerkannt hervorragenden Leistungen des am 22. Mai 1878 verstorbenen Maschinendirectors Haenel: die angeführte Abhandlung war seine letzte öffentliche Arbeit auf einem Gebiete, auf welchem ein wichtiger Fortschritt sich an seinen Namen knüpft.

die eingehende Beschreibung der Adjustirung und Anwendung dieses Instrumentes führt zu der Ueberzeugung, dass so ausgeführte Messungen zweifellos **wahre** Werthe ergeben müssen. Jede der beiden in Rede stehenden einander gleichen Turbinen ist für ein wirksames Gefälle von $4^m$ und ein Maximalwasserquantum von $5^{cbm}$ pro Secunde, also bei einem Wirkungsgrade von 75 pCt. für eine Nutzleistung von 200 Pferdestärken construirt. Die abgeführten Versuche ergeben einen Wirkungsgrad von 80 pCt.*) sowol bei voller als auch bei halber Beaufschlagung, und Hr. Professor **Zeuner** erklärt, dass die ganze Turbinenanlage und speciell die Construction der beiden Girard-Turbinen als eine vorzügliche und musterhafte anzusehen ist. Diese mustergiltige Turbinenuntersuchung hat Nichts gemein mit einer reclamedienenden Wissenschaft; Hr. Professor **Zeuner** führt an, noch vor Vornahme der Versuche infolge der Nachrechnung der Dimensionen und insbesondere der Untersuchung der Schaufelconstruction das günstige Versuchsergebniss erwartet zu haben. —

Es würde nun noch eine Besprechung der **Turbinensysteme** in Bezug auf ihren Wirkungsgrad erübrigen.

Die Unterscheidung der Turbinen nach Systemen kann nur nach zwei Eintheilungsgründen erfolgen, nämlich

nach dem **Wirkungsprincip** des Wassers in der Turbine und

nach der **Construction** der Turbine.

Nach dem **Wirkungsprincip** des Wassers in der Turbine werden unterschieden

**Reactionsturbinen**, bei denen das Wasser grösstentheils durch rückwirkenden Druck arbeitet, und

**Actionsturbinen**, bei denen das Wasser ganz oder grösstentheils durch direct wirkenden Druck arbeitet.

Andere Arten der Kraftübertragung des Wassers auf die Turbine giebt es nicht, wohl aber kann bezw. muss eine Kraftübertragung nach beiden Wirkungsprincipien stattfinden; sie **muss** stattfinden bei den Reactionsturbinen, da eine Kraftübertragung **nur** durch Reaction unmöglich ist, es also keine reinen Reactionsturbinen geben kann. Dagegen sind Turbinen mit reiner Actionswirkung sowol theoretisch möglich, als auch praktisch ausführbar. Indem ich auf die in den Figuren 20, 21 und 22 vermerkten Bezeichnungen Bezug nehme und mit $h$ das auf die Turbine wirksame Gefälle bezeichne, liegt nach **Rittinger***) der Reactionsgrad, worunter der Werth $\frac{u^2}{2gh}$ verstanden ist

bei Actionsturbinen zwischen 0,723 und 1,488 oder $\frac{u}{\sqrt{2gh}} = 0{,}85$ bis 1,21,

bei Reactionsturbinen zwischen 0,293 und 0,157 oder $\frac{u}{\sqrt{2gh}} = 0{,}54$ bis 0,39,

bei Turbinen mit reiner Actionswirkung bei $0{,}999 = 1$.

Hieraus geht hervor, wie wenig, abgesehen von wichtigen anderen Einflüssen, es schon dieser Grenzschwankungen halber statthaft sein kann, bei Ermittelung des Wirkungsgrades einer bestehenden Turbine sich mit der Berechnung der Wassermenge aus dem normalen Austrittsquerschnitte und der, nach einem angenommenen Actionsgrade bestimmten Ausflussgeschwindigkeit aus dem Leitrade zu begnügen.

Das industrielle Publicum sollte fast meinen, in den seit einiger Zeit in den Tagesblättern und der periodischen industriellen Presse empfohlenen Actionsturbinen auf etwas ganz Neues hingewiesen zu werden; **) dennoch begann die **theoretische** Behandlung des Actionssystems sowie der Construction der Schaufelformen zwischen den Endelementen schon vor 29 Jahren ***) und

*) Hr. G. **Meissner** behauptet im 2. Bande seines Werkes „Die Turbinen und Wasserräder" auf S. 120: „Bis heute hat nachweislich noch kein Bremsversuch (bei welchem die Wassermessung auf verlässliche Weise vorgenommen werden konnte) eine Nutzleistung von über 75 pCt. ergeben, und es müssen daher alle diese weitgehenden Versprechungen ohne Weiteres entweder als Selbsttäuschung oder als Schwindel bezeichnet werden." Das **Zeuner**'sche Resultat, welches Hr. **Meissner** wol selbst nicht als einer Selbsttäuschung entsprungen ansehen dürfte, würde allein schon die vorstehende Behauptung widerlegen, wenn nicht entgegen derselben auch zahlreiche andere Versuche und Ermittelungen auf Verlässlichkeit mit Recht Anspruch zu machen hätten. In der Aufstellung der Effectverluste, auf welche sich die angeführte Behauptung gründet, ist namentlich die mit $4\frac{1}{2}$ pCt. bezifferte Effectverminderung durch den Wasserverlust durch den Spalt eine unhaltbare Annahme.

*) P. v. **Rittinger**, „Theorie und Bau der Rohrturbinen". II. Auflage. Prag, 1865.

**) So begegnet man Erklärungen der Actionswirkung und ihrer Eigenthümlichkeiten in auffallend häufiger Weise in dem Organ des deutschen Müllerverbandes, der „Mühle", nämlich in No. 3, 1876, von der Sächsischen Maschinenfabrik; in No. 18, 1876, von K. W. **Knnis**; in No. 1, 1877, von **Walter Zuppinger** in dessen gediegener Abhandlung „Ueber Wassermotoren"; in No. 17, 1877, von A. **Briegleb**; in No. 29, 1877, von P. **Siede**; in No. 17, 1878, von H. **Häberlein** und wahrscheinlich ist die Reihe derer noch nicht geschlossen, welche das Verständniss der Actionswirkung zu befestigen suchen.

***) 1850 zeigte Professor **Schubert** in seiner Schrift „Beitrag zur Berichtigung der Theorie der Turbinen", wie man aus dem absoluten Wasserwege den relativen Weg, nämlich die Schaufelform, entwickeln kann.

1851 machte Professor **Weisbach** im II. Bande seiner „Ingenieur- und Maschinen-Mechanik" bei der Einleitung zur Turbinentheorie sofort die Unterscheidung zwischen Reactions- und Actions- (Druck-) Turbinen und setzt bei letzteren die Ausflussgeschwindigkeit aus den Leitzellen gleich der Endgeschwindigkeit aus der Gefällhöhe.

1855 lieferte Professor **Schmidt** in „**Rittinger**'s Erfahrungen" eine Theorie der Actionsturbinen, desgleichen 1858 Professor **Werner** in dieser Zeitschrift eine solche mit Inbetrachtziehung der Schaufelform.

1859 entwickelte Professor **Wiebe** in **Bornemann**'s „Civilingenieur" Bd. 5 eine „Allgemeine Theorie der Schaufelconstructionen für Turbinen mit Rücksicht auf die Bewegung des Wasserelementes durch das Rad."

1861 in erster und 1865 in zweiter Auflage erschien vom Professor v. **Rittinger** „Theorie und Bau der Rohrturbinen", welches Werk eine ganz specielle Theorie der Actionsturbinen, sowie eine „Theorie der zweckmässigsten Krümmung der Radschaufeln" liefert.

1866 und 1867 lieferte Professor **Wiebe** eine „Allgemeine Theorie der Turbinen" in der Zeitschrift für Bauwesen.

1869 erschien vom Professor **Werner** „Theorie der Turbinen u. s. w." in dieser Zeitschrift.

was die **praktische** Anwendung der Actionswirkung im Turbinenbau betrifft, so erhielt im Jahre 1851 **Girard** sein erstes Patent auf Actionsturbinen, deren Ausbildung durch diesen genialen Constructeur sowie durch andere Ingenieure bis zur jetzigen Leistungshöhe fortgeschritten ist. Namentlich war es **Haenel**, welcher durch die Erfindung der Rückschaufel sich um die Ausbildung und verallgemeinerte Anwendungsfähigkeit der Actionsturbine grosses Verdienst erwarb und mit dessen, im Jahrgange 1861 dieser Zeitschrift erschienenen Abhandlung „Ueber eine verbesserte Turbinenconstruction" den Fach-Ingenieuren die Actionsturbine in Theorie und Praxis in eingehender Behandlung vorgelegt wurde.

Es müsste daher auffallen, dass erst in den letzten fünf Jahren eine allgemeinere Anwendung des Actionsprincipes stattgefunden hat und bis dahin verhältnissmässig nur wenige Constructeure es waren, welche die Erfolge mit dem seit zwanzig Jahren in die Praxis eingeführten Systeme sich zu Nutze gemacht haben, wenn diese Thatsache sich nicht dadurch erklärte, dass die, für gegebene und zu berücksichtigende Wasserverhältnisse mittelst Rechnung zu bestimmende Wasserwirkung und die hierfür erforderliche Entwickelung der Schaufelconstruction den probirbeflissenen Händen des Empirikers sich entwindet, die Schaar der empirischen Turbinen-Künstler der rationellen Anwendung des Actionssystems also fern blieb. —

Nach dem zweiten Eintheilungsgrunde, nach der **Construction** unterscheidet man die Turbinen

nach der Lage des Leitapparates zum Laufrade in Axial- und Radialturbinen, letztere wiederum in solche mit innerer und in solche mit äusserer Beaufschlagung,

nach dem Füllungsgrade des Laufrades in Vollturbinen und in Partialturbinen.

Es sind bezüglich der Construction auch noch verschiedene andere Eintheilungen möglich.

---

1877 lieferte Professor **Fink** eine, die Actionsturbine und Schaufelform sehr eingehend behandelnde „Theorie und Construction der Turbinen" in den Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen.

1877 erschien vom Professor **v. Reiche** „die Gesetze des Turbinen-Baues", worin die Actionsturbine und die Schaufelform bearbeitet sind.

1860 sagte **Redtenbacher** in dem Vorwort seines Werkes „Theorie und Bau der Turbinen":

„Das Turbinenwesen . . . hat nun im Wesentlichen seinen Abschluss erreicht."

Aber dieser Ausspruch ist durch die seit jener Zeit gemachten grossen Fortschritte auf dem Turbinengebiete widerlegt worden. Mit grösserer Bestätigung durch die Erfahrung konnte

1875 Professor **Rühlmann** S. 388 im ersten Bande seiner „Allgemeinen Maschinenlehre" sagen:

„Die citirten Abhandlungen liefern interessante und werthvolle Resultate über die Krümmung der Radschaufeln und Gestalt der Radcanäle bei Actionsturbinen, so dass von hier ab überhaupt die theoretische wie praktische Lösung der Aufgabe, Regeln zur Berechnung und Construction guter Turbinen zu schaffen, als völlig gelöst bezeichnet werden konnte."

Im Hinblick auf die, den Specialisten wohl bekannten Schwächen der Turbinen ist jedoch eine weitere Vervollkommnung nicht nur als nothwendig, sondern auch als wahrscheinlich zu betrachten.

Der Wirkungsgrad der Turbine ist keineswegs in so bedeutendem Masse nach dem System verschieden, als es nach den häufigen Darstellungen oder Behauptungen hierüber scheinen sollte; das Anwendungsgebiet der Systeme ist aber verschieden. Was das Princip der Wasserwirkung betrifft, so kann ein nicht bedeutend verschiedener Wirkungsgrad mit Actions- oder Reactionswirkung erreicht werden, und die Anwendung des einen oder anderen Wirkungsprincipes ist nur von den Wasserverhältnissen des Anwendungsfalles und zwar namentlich davon abhängig, ob das Gefälle sehr hoch oder niedrig ist, ob der Wasserzufluss beständig, oder wenig oder sehr veränderlich ist, ob Stauwasser zu berücksichtigen ist, in welchen Grenzen die Wasserspiegel schwanken u. s. w.

Es würde viel zu complicirt und in vollständiger Weise auch kaum möglich sein, die zur Construction einer Turbine gehörenden Werthe für alle drei Beaufschlagungsweisen in solchen Formeln zusammenzustellen, dass man aus ihnen das günstigste Beaufschlagungssystem unmittelbar herausrechnen könnte. Wenn man einen Vergleich anstellen will, so kommt man leichter und sicherer zum Ziel, im gegebenen Falle jedes Beaufschlagungssystem einzeln zu berechnen und zu construiren. Ich habe eine solche Berechnung und Construction für eine Actionsturbine durchgeführt, welche bei einem Gefälle von $3^m$ mit einer secundlichen Wassermenge von 1100 Liter als Vollturbine arbeiten soll, und sind die Fig. 20, 21 und 22 danach gezeichnet. Für alle drei Systeme ist eine Ausflussgeschwindigkeit aus dem Leitrade von

$$u = 0{,}9\sqrt{2gh}$$

zu Grunde gelegt und ergeben sich die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werthe.

Ueber die Vorzüge in Betreff der Wasserwirkung bei den Axialturbinen gegenüber den Radialturbinen oder umgekehrt begegnet man noch manchen Irrthümern und findet selbst in neueren Arbeiten einen in der Praxis längst überwundenen Standpunkt bezüglich der Turbinenconstruction vor. Die Centrifugalkraft wirkt keineswegs in jedem Falle auf die Bewegung des Wassers durch die Laufzellen ein, wie dies noch immer häufig angenommen wird. Das die Laufzellen durchströmende Wasser kann bei der Actionswirkung aus dem Grunde der Einwirkung der Centrifugalkraft nicht unterworfen sein, weil das Wasser als der motorische Körper zu betrachten ist, dessen absoluter Weg aus der Peripheriegeschwindigkeit und relativen Geschwindigkeit resultirt und unabhängig von der Centrifugalkraft ist; wenn letztere wirksam werden sollte, so müsste das Wasser vom Rade mitgenommen werden.

Als Nachtheil der Axialturbine gegenüber der Radialturbine wird noch immer hingestellt, dass die Construction der Schaufelung bei der Axialturbine nur für den mittleren Radius erfolge und daher nur in diesem richtig sei, während die Construction der Schaufelung bei der Radialturbine, von dem Einfluss der um die Radhöhe verschiedenen Gefällhöhe abgesehen, für alle

| | | Axial-turbine Fig. 20 | Radialturbine, beaufschlagt von innen Fig. 21 | Radialturbine, beaufschlagt von aussen Fig. 22 |
|---|---|---|---|---|
| $h$ | Gefälle bis Unterfläche des Laufrades | $3^m$ | — | — |
| $h$ | Gefälle bis Mitte der Laufzellen an der Einlaufseite | — | $2{,}900^m$ | $2{,}820^m$ |
| $r$ | Mittlerer bezw. innerer oder äusserer Laufraddurchmesser am Spalt | $1{,}200^m$ | $1{,}450^m$ | $1{,}450^m$ |
| | Höhe des Leitrades | $200^{mm}$ | $175^{mm}$ | $175^{mm}$ |
| | Höhe des Laufrades | $220^{mm}$ | $200^{mm}$ | $200^{mm}$ |
| $w$ | Lichte Zellenbreite am Spalt | $150^{mm}$ | $120^{mm}$ | $110^{mm}$ |
| | Lichte Zellenbreite im normalen Austrittsquerschnitte aus dem Laufrade | $263^{mm}$ | $120^{mm}$ | $212^{mm}$ |
| $n$ | Austrittsnormale aus dem Leitrade | $35^{mm}$ | $28^{mm}$ | $31^{mm}$ |
| | Austrittswinkel aus dem Leitrade | $20^0$ | $20^0$ | $20^0$ |
| | Austrittswinkel aus dem Laufrade | $18\frac{1}{2}^0$ | $22^0$ | $32^0$ |
| $u = 0{,}9\sqrt{2gh}$ | Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Leitrade | $6{,}640^m$ | $6{,}780^m$ | $6{,}700^m$ |
| $u' = 0{,}96\,c$ | Absolute Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers in das Laufrad | $6{,}370^m$ | $6{,}500^m$ | $6{,}430^m$ |
| $u_,$ | Absolute Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Laufrade | $1{,}330^m$ | $1{,}890^m$ | $1{,}870^m$ |
| $c$ | Relative Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers in das Laufrad | $3{,}000^m$ | $3{,}300^m$ | $3{,}060^m$ |
| $c_,$ | Relative Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Laufrade | $4{,}315^m$ | $5{,}300^m$ | $3{,}540^m$ |
| $v$ | Peripheriegeschwindigkeit im Radius $r$ | $4{,}000^m$ | $4{,}000^m$ | $4{,}000^m$ |
| | Umdrehungszahl pro Minute | 63,6 | 52,7 | 52,7 |
| | Verlust durch den Austritt des Wassers aus dem Laufrade*) | 0,03 | 0,068 | 0,06 |
| | Verlust durch die hydraulischen Widerstände | 0,12 | 0,14 | 0,10 |
| | Verlust durch die Achsenreibung | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| | Gesammtverlust | 0,18 | 0,228 | 0,18 |
| | Wirkungsgrad | 0,82 | 0,772 | 0,82 |

*) Diese Verluste finden bei normaler Richtung der absoluten Austritts- zur Peripherierichtung und bei möglichst kleinem Austrittswinkel statt.

Punkte der Schaufelhöhe dieselbe bleibe. Aber schon im Jahrgang 1861 d. Z. führte ich in der von mir herrührenden Abtheilung der Abhandlung über die Rothenburger Turbinen auf S. 174 an, dass bei der Schaufelconstruction berücksichtigt worden sei, „dass die Peripheriegeschwindigkeit in der Radweite eine veränderliche, die absolute Austrittsgeschwindigkeit aus den Leitzellen eine constante und somit die relative Eintrittsgeschwindigkeit ihrer Richtung und Grösse nach variabel ist.“

Ich habe bei meinen zahlreichen Constructionen seit jener Zeit stets die richtige Schaufelform für alle Elemente der Schaufelbreite von der Eintritts- bis zur Austrittsseite entwickelt und ergeben sich hierdurch von der radialen Richtung stark abweichende und eigenthümlich geformte Schaufeln. Die Abweichung der Laufschaufel-Eintrittskanten von der radialen Richtung führt nebenbei den Vortheil mit sich, dass der Wasserstoss, zu welchem die obigen Kanten Veranlassung geben, mehr vertheilt wird.*) Mit der Construction der Schaufelform ist die des Kranzquerschnittes verbunden und es ist, um die Führung des Wassers durch die Kranzwandungen mit möglichst geringem Widerstande zu bewirken, bei den Axial-Actionsturbinen vortheilhaft, die innere Wandung wenigstens parallel mit der Axe zu machen und die Erweiterung nach der Ausflussseite hin nur nach aussen stattfinden zu lassen, wie dies auch in dem Kranzquerschnitte der Fig. 20 angenommen ist. Den geringsten Widerstand gegen die seitliche Wasserführung würde eine Zellenform bilden, deren mittlere, den mittleren absoluten Wasserweg enthaltende Ebene taugential zur Eintrittsperipherie läge.

Im Kranzquerschnitt der Fig. 20 ist durch die schraffirte Fläche $f$ angedeutet, wie durch eine blosse Kranzeinschnürung der constructive Zweck der Rückschaufel gleichfalls ausgedrückt werden kann.*) Bei der Actionsturbine, in welcher das Wasser das Laufrad ohne oder mit nur geringem Ueberdruck durchströmt, kann diese Einschnürung nur schädlich wirken, da ausser der starken Formveränderung des Wasserkörpers unterhalb der Einschnürung das Wasser eine scharfe Ablenkung erfährt, der zu folgen bei dem Mangel an Ueberdruck dem Wasser nur auf Kosten der Geschwindigkeit möglich ist. Vor 16 Jahren hierüber von mir angestellte Versuche wiesen den Vorzug der Rückschaufel vor der blossen Kranzeinschnürung zur Evidenz nach.

*) Den Einfluss der Schaufelkanten auf die Wasserbewegung behandelte ich ausführlich an der bereits angezogenen Stelle des Jahrganges 1861 auf S. 185 u. f. sowie in meinem Nachtrage auf S. 267 u. f. desselben Bandes dieser Zeitschrift.

*) Dies deutete ich in der vorerwähnten Abhandlung im Jahrgange 1861 d. Z. auf S. 192 bei Besprechung der Francis-Turbine durch die Bemerkung an:

„Es lässt sich aber in der That durch einen geeigneten Kranzquerschnitt allein auch eine gesetzmässige relative Geschwindigkeit herstellen: doch haben die Rückschaufeln in dieser Beziehung noch den Vorzug einer besseren Wasserführung.“

Was die Herstellung einer solchen eigenthümlichen Schaufelform, wie sie sich nach dem von mir oben angedeuteten Verfahren ergiebt, betrifft, so bietet dieselbe bei dem jetzigen Stande der Fabrikation keine Schwierigkeiten von solcher Bedeutung, dass die Praxis von der Anwendung richtig geformter Schaufeln absehen müsste.*)

Wenn man nun Axialturbinen construirt, deren Schaufelung an jedem Punkte der Schaufelbreite den richtigen Bewegungsgesetzen entspricht**), so bleiben alle die praktischen Vorzüge des Axialsystems übrig, welche zur allgemeinsten Anwendung desselben geführt und dem Bau von Radialturbinen mit beweglichen Schaufeln nur noch ein beschränktes Gebiet übrig gelassen haben.

Beim Tauchen des Laufrades im Unterwasser müssen die abgedeckten Leitzellen durch die sogenannte Ventilation mit der äusseren Atmosphäre in Verbindung gebracht werden, um den Austritt des unter den abgedeckten Leitzellen ausfliessenden Wassers zu erleichtern und dem Höhertreten des Unterwassers entgegen zu wirken.

Es ist für die gute Wirkung des Wassers in der Turbine die Zahl der Schaufeln d. h. die mehr oder minder unterstützte Führung der Wasserkörper im Leitapparate und die Zahl der Druck-Aufnahmeflächen im Laufrade nicht gleichgiltig; es ist jedoch die Schaufelzahl nicht sowol vom Raddurchmesser, wie man noch immer als genügend annimmt, sondern auch vom Gefälle abhängig; wenigstens habe ich dasselbe stets berücksichtigt, da das Beharrungsvermögen nach einer bestimmten Richtung bei einem geführten und plötzlich frei werdenden Wasserkörper nach dem Drucke verschieden ist, unter welchem der Ausfluss erfolgt. Ich würde es daher für richtiger halten, bestimmte Austrittsnormalen für verschiedene Gefällhöhen aufzustellen, statt nur mit dem Raddurchmesser die Schaufelzahl gegeben sein zu lassen. Eine richtig construirte Schaufelcurve vorausgesetzt, so ist für eine möglichst vollkommene

*) Ich habe mehrere hundert Turbinen mit solchen Schaufeln ausführen lassen und dürfte dieser Umstand für die praktische Durchführbarkeit sprechen. In dem Werke des Professor v. Reiche „Die Gesetze des Turbinenbaues", Leipzig, 1877, § 25 finde ich bei der Behandlung einer als neu angesehenen für Reactions-Axialturbinen geltenden Schaufelform, welche jedoch einfacher als die von mir in Besprechung gezogene für Actions-Axialturbinen mit Rückschaufeln ist, ein Herstellungsverfahren angegeben, das, wie ich nur beiläufig bemerken will, in der Ausführung sich praktischer gestalten lässt.

**) Ich kann also der Behauptung des Professor v. Reiche im § 28 des bereits angezogenen Werkes „Rationelle Druck-Axialturbinen zu construiren ist vollständig unmöglich" ebenso wenig zustimmen als die von Genanntem erzählten Ansichten „unseres berühmtesten Turbinenbauers" mit Hrn. v. Reiche unterschreiben. Die in einer, zum Radius stark abgelenkten Curve entfallende Austrittskante aus dem Laufrade, wenn man auch an den Schaufelenden und in einigen Punkten der Schaufelbreite, nicht aber nur in dem mittleren Radius die Geschwindigkeitsdiagramme construirt, lässt auch in der äusseren Peripherie das Wasser vertical austreten, wie ich an meinen arbeitenden Turbinen dieser Construction nachweisen kann.

Uebertragung der Kraft des Wassers auf die Schaufel auch eine genügende Grösse der Schaufelform nöthig; man findet nicht selten viel zu niedrige Laufräder, deren bei Actionswirkung zu kurz gekrümmte Schaufeln die in der Curve liegenden Bewegungsgesetze nur höchst unvollkommen zum Ausdruck und zur Wirkung kommen lassen.

Das Tangentialrad, dessen Einführung in den Turbinenbau wir Hrn. Walter Zuppinger verdanken, wird als Partialturbine mit Actionswirkung des Wassers betrachtet und berechnet. Hr. Zuppinger*) sagt über das von aussen beaufschlagte Tangentialrad:

„Die Haupteigenthümlichkeit dieses Tangentialrades gegenüber den anderen Actionsturbinen von Girard u. s. w. besteht darin, dass während bei der Turbine von Girard u. s. w. das Wasser vom Leitapparat durch das Turbinenrad fliessen muss, gleichviel ob die Turbine leer geht, arbeitet oder still steht, fliesst beim Tangentialrade alles Wasser vom Einlaufapparate ausserhalb des Tangentialrades fort beim Leergang oder bei zu schnellem Gange. Beim Gange mit der günstigsten Arbeitsgeschwindigkeit, wo die Umfangsgeschwindigkeit des Turbinenrades gleich ist der halben Geschwindigkeit, aus der Druckhöhe berechnet, fliesst etwa $^1/_3$ auswendig des Tangentialrades, etwa $^2/_3$ inwendig desselben ab und erst bei stark zu langsamem Gange und Stillstand fliesst alles Wasser durch das Tangentialrad. Ich habe durch eine Menge Versuche gefunden, dass immer dieses Verhältniss bestehen muss, wenn die Leistung günstig sein soll."

Ich habe eine grosse Anzahl von Tangentialrädern ausgeführt und die von Hrn. Zuppinger beobachtete Thatsache stets bestätigt gefunden. Diese Ausflusserscheinungen würden aber mit den Bedingungen, unter denen ein Wasserstrahl nur nach dem Gesetze der Actionswirkung durch das Rad fliesst, unvereinbar sein, wenn nicht das Tangentialrad als eine Turbine mit combinirter Wirkung zu betrachten wäre, nämlich mit Wirkung durch Ablenkung und mit Wirkung durch Stoss.**) Wie in Fig. 23 veranschaulicht ist, beträgt die normale Dicke des aus der Leitzelle ausfliessenden Strahles nur einen Theil der Eintrittsnormale in eine Laufzelle; so lange nun während der Bewegung des Rades um eine Schaufeltheilung der Strahl die Kante der Laufschaufel trifft oder berührt, wirkt das in die Laufzelle eintretende Wasser durch Ablenkung, sowie aber der Strahl die entweichende Schaufelkante nicht mehr trifft, was bis zum Herantritt der folgenden Schaufelkante währt, richtet sich der Strahl direct auf die innere Fläche der Laufschaufel und wirkt hier durch

*) Im Organ „die Mühle" 1877, S. 20 Vortrag „Ueber Wassermotoren."

**) Hr. Baurath Zuppinger, dem ich interessante briefliche Mittheilungen über sein Tangentialrad verdanke, erklärt sich zwar gegen meine Ansicht einer Stosswirkung im Rade, indessen habe ich im wissenschaftlichen Interesse doch geglaubt, meine Darlegung der combinirten Wirkungsweise beifügen zu sollen.

Stoss. Nur durch diese Erwägung der Wirkungsweise des Wasserstrahls lässt sich der stets beobachtete Wasseraustritt an dem inneren und äusseren Umfange des Laufrades erklären; auch wird durch Beobachtung der Richtung des ausströmenden Wassers meine Aufstellung über die Wasserwirkung bestätigt. Man kann bekanntlich die im bewegten Wasser enthaltene lebendige Kraft auch mittelst Stosswirkung auf eine sich bewegende Fläche nutzbar machen und hängt der erreichbare Wirkungsgrad von der Form der gestossenen Fläche und dem Verhältniss der Geschwindigkeit der ausweichenden Fläche zu der des Wassers ab; das Verhältniss $^1/_2$ entspricht der günstigsten Leistungsübertragung und ist somit dem bei Ablenkung und voller Action gleich. Selbstverständlich macht der von aussen erfolgende Eintritt des Wassers in das Rad eine Formgebung der Laufschaufeln und Wirkung unter den theoretisch günstigsten Bedingungen für den Wasserstoss unmöglich; dennoch erreicht man, wie durch vertrauenswerthe Messungen wiederholt nachgewiesen ist, bei Tangentialrädern einen Wirkungsgrad von 75 bis 78 pCt. Es tritt hier die eigenthümliche Erscheinung ein, dass mit der, allerdings innerhalb gewisser Grenzen erfolgenden Minderung der Strahldicke, also bei geringerem Wasserzufluss der Wirkungsgrad nicht unwesentlich höher ist als bei stärkerer Beaufschlagung. So sagt Hr. Zuppinger an der angezogenen Stelle, dass er es nicht für schwierig halte, ein Tangentialrad zu bauen, welches bei hohen Gefällen von 15 bis 90$^m$ mit einer veränderlichen Wassermenge von 1 bis 4 mit dem Minimum der Wassermenge 75 bis 78 pCt. und mit dem Maximum 70 bis 73 pCt. leistet, und dass bei höheren Gefällen von 90 bis 300$^m$ und einer wie 1 : 3 veränderlichen Wassermenge, ebenso wie bei kleinen Kräften von $^1/_4$ bis 5 Pferdestärken, bei Gefällen von 30 bis 90$^m$ das Tangentialrad immer noch einen Nutzeffect von 70 bis 75 pCt. ergiebt.

Bringt man an dem Einlaufgehäuse mehrere, jedoch ganz gleich construirte, durch Zungenschieber regulirbare Ausflussöffnungen, gewöhnlich Einläufe genannt, an, so zeigt ein einfacher Versuch, dass bei allein arbeitendem vorderen Einlaufe, vor welchem sich keiner weiter befindet, die Leistung des Rades erheblich höher ist als bei allein arbeitendem hinteren Einlaufe, eine Thatsache, die sich dadurch erklärt, dass bei dem hinteren Einlaufe der theilweise Austritt des Wassers nach aussen behindert und verzögert wird. —

Mit der Anwendung der Partialturbine ist man in den Stand gesetzt, durch passende Grösse der Partiellität in den meisten Fällen praktische Turbinen zu erhalten, so dass die Mangelhaftigkeit, welche den Turbinen früher bei hohen Gefällen anhaftete, durch die Partialturbine als beseitigt betrachtet werden kann. Die gewiss manchem Fach-Ingenieur nicht fremd gebliebene Idee, mehrere Turbinenräder unter einander anzuordnen, um infolge der Verminderung des auf das einzelne Laufrad zur Wirkung kommenden Gefälldruckes geringere Umlaufsgeschwindigkeiten zu erzielen, dürfte wol in Rücksicht der leicht vorauszusehenden wesentlichen Vergrösserung der Widerstände nie ernstlich zur Ausführung gekommen sein.*)

*) Im Jahre 1859 und zwar mit durch Anregung der Combination zweier Ventilatoren, welche das 1858 erschienene Rittinger'sche Werk über Centrifugalventilatoren u. s. w. enthielt, wurde in der Gräflich Stolberg'schen Maschinenfabrik in Magdeburg eine solche Combination der Gefälltheilung durch mehrere unmittelbar unter einander liegende Turbinenräder berechnet und construirt, aus obigem Grunde aber von der Ausführung abgesehen und ein Tangentialrad hergestellt. Die mehrspaltige Turbine, wie Professor v. Reiche in seinem mehrfach erwähnten Werke diese Combination nennt, ist also wirklich schon gedacht worden und wahrscheinlich keineswegs nur in diesem einen Falle.

Anm. der Red. Dem Prof. R. R. Werner wurde am 1. Juni 1859 in Preussen ein Patent auf eine Dampfturbine mit 4 übereinander liegenden Laufrädern ertheilt. Das erste partiell beaufschlagte Rad ist gleichzeitig Leitrad für das zweite Laufrad, und dieses wieder Leitrad für das dritte Rad u. s. f. Die Räder (1) und (2) sitzen auf einer links-, die Räder (3) und (4) auf einer rechtsdrehenden Achse. Beide Achsen wirken vermittelst Kegelräder auf die Transmissionswelle unter 10facher Reduction der Umdrehungszahl. Die mit einer solchen Turbine angestellten Versuche ergeben einen noch höheren Dampfverbrauch als den einer gleichkräftigen gewöhnlichen Volldruck-Dampfmaschine ohne Condensation. Der Grund, dass der Erfolg kein besserer war, beruht wol wesentlich in den von dem Hrn. Verf. erwähnten Widerständen.

# Die Verdampfungsversuche des Magdeburger Vereines für Dampfkesselbetrieb im Jahre 1876.

Von **Hermann Peter.**

(Vorgetragen in der Sitzung des Thüringer Bezirksvereines vom 13. November 1878.)

Diese umfangreichen Verdampfungsversuche wurden im Herbst des Jahres 1876 in zwölf Zuckerfabriken des Magdeburger Bezirkes unternommen, wozu an Mitteln von Seiten des Vereines 6000 ℳ und von dem Vereine für Rübenzuckerindustrie 2000 ℳ bewilligt wurden. Zu gleicher Zeit sollten je drei Zuckerfabriken den Versuchen unterzogen werden und zwar $7 \times 24 = 168$ Stunden hinter einander. Als Sachverständige fungirten die drei Ingenieure des Magdeburger Vereines, der jedesmalige Dirigent der betr. Fabrik oder dessen Vertreter und ein vom Vereine gestellter Chemiker. Die allgemeine Ueberwachung wurde dem Director des Vereines, Hrn. Weinlig, übertragen. Die Oberleitung der Versuche hatte das Directorium des genannten Vereines übernommen ebenso wie die Zusammenstellung der Resultate, die als Heft 6 der „Techn. u. gewerbl. Mitth. des Magdeburger Vereines für Dampfkesselbetrieb" erschienen sind und zwar zum Preise von 30 ℳ.

## Tabelle I. Mechanische Verhältnisse der Kessel-Anlagen.

| Laufende No. der Anlage | A | F | H | J | C | L | D | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl der betriebenen Kessel | 3 | 6 | 6 | 7 | 9 | 4 | 5 | 6 |
| Art der Kessel | Röhrenk. | Zweiflamm. | Einflamm. | Zweiflamm. | 3 Zweifl. 5 Einfl. 1 Röhren | 3 Zweifl. 1 Röhren | 1 Zweifl. 4 Einfl. | 5 Zweifl. 1 Röhren |
| „ der Feuerung | Unterf. | Vorf. | Vorf. | Vorf. | Vor- und Unterf. | Innenf. | Innenf. | Innenf. |
| „ des Rostes | Plan | Treppe | Treppe | Treppe | Plan | Plan | Plan | Plan |
| „ der Kohle | Braunkohle | Braunkohle | Braunkohle | Braunkohle | Braun- und Steinkohle | Braun- und Steinkohle | Steinkohle | Steinkohle |
| Heizfläche in qm: innere | 390,42 | 234,30 | 94,20 | 223,51 | 198,00 | 313,24 | 115,80 | 336,60 |
| Heizfläche in qm: zusammen | 457,35 | 462,36 | 222,40 | 728,41 | 401,00 | 448,40 | 248,00 | 454,00 |
| Economiser in qm | — | — | 20,00 | — | 25,10 | — | — | — |
| Rostfläche in qm | 7,92 | 18,00 | 13,02 | 20,58 | 18,44 | 13,76 | 8,40 | 17,50 |
| Schornstein: Höhe in m | 44,00 | 38,30 | 40,80 | 46,45 | 48,00 | 35,50 | 40,00 | 45,50 |
| Schornstein: obere Weite in qm | 2,00 | 3,30 | 1,24 | 1,093 | 1,13 | 2,80 | 1,13 | 2,75 |
| Schornstein: Exhaustor | — | — | — | stets mit | nur für Röhrenk. | — | — | — |
| Zugquerschnitt in qm: über Feuerbrücke | 1,13 | 2,08 | 0,96 | 2,75 | 2,98 | 1,44 | 1,05 | 2,12 |
| Zugquerschnitt in qm: am Essenschieber | 2,34 | 3,96 | 1,84 | 3,46 | 3,65 | 2,80 | 3,36 | 3,76 |
| Zugquerschnitt in qm: Stellung desselben | 2,34 | 1,98 bis 3,96 | 1,84 | 3,46 | 3,65 | 2,80 | 1,68 | 3,76 |
| Normaler Wasserinhalt cbm | 28,00 | 121,38 | 58,81 | 105,80 | 82,27 | 71,54 | 62,14 | 90,81 |
| Wasseroberfläche, verdampfend qm | 28,08 | 115,30 | 71,40 | 104,20 | 98,00 | 69,58 | 69,40 | 97,05 |
| Dampfraum in cbm | 11,82 | 41,30 | 27,74 | 34,60 | 36,80 | 27,58 | 23,56 | 34,68 |
| Bedienungsmannschaft: Heizer pro 12 Stund. | 2 | 4 | 2 | 4 | 6 | 2 | 2 | 3 |
| Bedienungsmannschaft: Aschenkarrer do. | 1 bei Tage | 1 bei Tage | durch Kohlenk. | 1 bei Tage | 2 bei Tage | 1 bei Tage | durch den Heizer | durch Kohlenk. |
| Bedienungsmannschaft: Kohlenkarrer do. | 2 bei Tage 2 bei Nacht | 6 bei Tage | 4 bei Tage | 6 bei Tage | 8 bei Tage | 2 bei Tage 2 bei Nacht | 1 bei Tage | 2 bei Tage 2 bei Nacht |
| Bedienungsmannschaft: zum Kohlenbewässern | — | 1 bei Tage 2 bei Nacht | — | — | — | — | — | — |
| Bedienungsmannschaft: zum Speisen | — | — | — | besorgt 1 Vorheizer | — | — | — | — |
| Transport der Kohle mit | Karre | Lowry od. Karre | Karre | Lowry direct | Karre | Karre | Karre | Karre |
| Auf 1qm totaler Rostfläche kommen: Heizfläche qm | 57,74 | 17,08 | 25,68 | 20,81 | 21,74 | 32,58 | 29,52 | 25,94 |
| oberer Schornsteinquer. qm | 0,25 | 0,18 | 0,09 | 0,05 | 0,18 | 0,19 | 0,12 | 0,18 |
| Feuerbrückenquerschnitt qm | 0,14 | 0,11 | 0,07 | 0,13 | 0,16 | 0,10 | 0,12 | 0,12 |
| Schieberquerschnitt qm | 0,29 | 0,11 bis 0,22 | 0,14 | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 0,20 | 0,21 |
| Wasserraum cbm | 3,53 | 6,74 | 4,51 | 5,14 | 4,46 | 5,34 | 7,16 | 5,19 |
| Dampfraum cbm | 1,49 | 2,29 | 2,13 | 1,69 | 1,99 | 2,00 | 2,80 | 1,98 |
| Wasseroberfläche qm | 3,54 | 5,48 | 6,40 | 5,06 | 5,31 | 5,05 | 5,26 | 5,53 |
| Kohle pro Stunde in k | 215,14 | 166,11 | 207,30 | 216,26 | 168,40 | 185,54 | 78,50 | 86,80 |
| Auf 1qm Heizfläche kommt verdampfende Wasseroberfläche qm | 0,06 | 0,25 | 0,32 | 0,24 | 0,24 | 0,15 | 0,25 | 0,21 |

## Tabelle II. Werth der Brennmaterialien und Ergebnisse der Verdampfungsversuche.

| Laufende No. der Anlage | A | F | H | J | C | L | D | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Art der Kohle | Braunkohle | Braunkohle | Braunkohle | Braunkohle | Braun- u. Steinkohle | Braun- u. Steinkohle | Steinkohle | Steinkohle * |
| Anzahl der Sorten | 1 | 4 | 1 | 3 | 3 Braunk. 1 Steink. | 1 Steink. 1 Braunk. | 1 | 4 * |
| Analyse der Kohle oder des Gemisches C = | 30,90 | 30,94 | 32,37 | 29,74 | 37,03 | 53,50 | 67,37 | 69,10 * |
| H = | 2,50 | 2,42 | 3,62 | 2,49 | 3,04 | 3,53 | 4,02 | 4,23 * |
| O = | 13,09 | 11,88 | 13,76 | 10,96 | 11,01 | 11,88 | 9,89 | 10,93 * |
| W = | 46,00 | 48,16 | 41,00 | 48,00 | 39,92 | 19,88 | 10,00 | 4,74 * |
| A = | 7,51 | 6,58 | 10,23 | 8,80 | 8,99 | 11,21 | 8,51 | 10,98 * |
| zusammen | 100,00 | 99,98 | 99,99 | 99,99 | 99,99 | 100,00 | 99,99 | 99,98 |
| Theoretischer Heizeffect | 2 794 | 2 822 | 2 929 | 2 788 | 3 567 | 5 028 | 6 419 | 6 570 |
| Verdampftes Wasser in 168 Stunden | 768 277 | 1 600 000 | 1 439 152 | 2 280 000 | 1 651 568 | 1 402 423 | 766 266 | 1 624 065 * |
| Verbrauchte Kohle $^k$ | 286 261 | 502 300 | 453 443 | 747 700 | 521 650 | 428 833 | 110 715 | 255 205 * |
| $1^k$ Kohle verdampfte $v$ in $^k$ | 2,6838 | 3,1853 | 3,1738 | 3,0493 | 3,1660 | 3,2703 | 6,9210 | 6,3837 |
| Mittlerer Dampfdruck in Atm. | 4,50 | 3,50 | 4,30 | 3,20 | 2,73 | 3,30 | 2,80 | 3,60 * |
| Mittlere Speisewassertemperatur $t_2$ | 74 | 59 | 67 | 51 | 67 | 48 | 86 | 41 * |
| Dampftemperatur $t_1$ | 155,84 | 148,29 | 154,41 | 145,75 | 141,38 | 146,81 | 142,14 | 149,09 |
| Zu $1^k$ Dampf sind verbraucht $606,5 + 0,305\ t_1 - t_2 = d$ in $^c$ | 580,03 | 592,72 | 586,59 | 599,95 | 582,63 | 603,21 | 563,85 | 610,97 |
| Also machte $1^k$ Kohle nutzbar $= vd$ in $^c$ | 1556,68 | 1887,99 | 1861,71 | 1829,42 | 1844,57 | 1972,67 | 3902,40 | 3888,02 |
| Mithin nutzbar vom Heizeffect pCt. | 55,71 | 66,90 | 63,56 | 65,81 | 51,71 | 39,23 | 60,79 | 59,17 |
| Mittlere Temperatur der Luft $t^0$ = | + 3 | + 9 | + 20 | + 20 | + 10 | + 4 | + 7 | 0 * |
| „ „ der abgeh. Gase $T_1$ = | 259 | 295 | 350 | 400 | 355 | 304 | 340 | 350 * |
| Mittlere Zuggeschwindigkeit $^{mm}$ | 19,0 | 20,5 | 20,0 | 18,0 | 12,0 | 19,0 | 19,5 | 24,5 * |
| $1^{qm}$ verdampfende Wasseroberfläche giebt excl. Vorwärmer pro Std. verd. Wasser in $^k$ | 162,85 | 82,60 | 119,97 | 130,24 | 100,31 | 119,96 | 65,72 | 99,60 |
| pro Secunde an $^c$ | 26,23 | 13,59 | 18,81 | 21,70 | 15,53 | 20,10 | 10,29 | 16,90 |

## Tabelle III. Rauchgasanalysen.

| Laufende No. der Anlage | A | F | H | J | C | L | D | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mit Orsat-Apparat ermittelt $CO_2$ = | 7,10 | 6.10 | 6,50 | 7,10 | 7,80 | 3,30 | 4.10 | 5,80 * |
| O = | 10,60 | 12,90 | 11,00 | 11,20 | 8,60 | 11,30 | 14.90 | 12,30 * |
| CO = | 0,40 | 0.00 | 0,80 | 0,50 | 0.50 | 1,07 | 0,10 | 0,14 * |
| N = | 81,90 | 81,00 | 81,70 | 81,30 | 83,10 | 84,32 | 80,90 | 81,78 * |
| Der Grad der Unvollkommenheit der Verbrennung $= \frac{CO}{CO_2 + CO} = u =$ | 0,0533 | 0,0000 | 0,1096 | 0,0658 | 0,0602 | 0,2448 | 0,0238 | 0,0235 |
| Luftüberschuss nach Weinlig = $n$ fach | 2,0 | 2,5 | 2,1 | 2,2 | 1,7 | 2,0 | 3,2 | 2,5 * |
| Luftüberschuss $= \frac{21}{21 - \frac{79\,O}{N}} = n$ fach | 1,948 | 2,494 | 2,036 | 2,078 | 1,627 | 2,016 | 3,255 | 2,303 |
| Zusammensetzung der trockenen Verbrennungsgase mit berechnetem $n = \frac{21}{21 - \frac{79\,O}{N}}$ $CO_2$ = | 9,70 | 7,77 | 8,98 | 8,80 | 11,04 | 7,92 | 11.04 | 8,06 |
| O = | 10,27 | 12,66 | 10,65 | 10,97 | 8,27 | 10,57 | 8.27 | 11,99 |
| CO = | 0,54 | 0,00 | 1,10 | 0.62 | 0,70 | 2,56 | 0.70 | 0,19 |
| N = | 79,48 | 79,55 | 79,27 | 79,59 | 79.98 | 78,92 | 79,98 | 79,74 |
| Zusammensetzung der trockenen Gase, corrigirt nach Dr. Schondorf mit Bezug auf die Elementar-Analyse $CO_2$ = | 8,23 | 6,78 | 7,57 | 7,83 | 9,37 | 5,33 | 4,72 | 6,74 |
| O = | 11,91 | 13,73 | 12,30 | 12,08 | 10,30 | 14,12 | 15,73 | 13,47 |
| CO = | 0,46 | 0,00 | 0,92 | 0,55 | 0,59 | 1,69 | 0,11 | 0,16 |
| N = | 79,39 | 79.49 | 79,19 | 79,53 | 79,82 | 78,96 | 79,43 | 79,61 |
| Hierzu das richtige $n = \frac{21}{21 - \frac{79\,O}{N}} =$ | 2,295 | 2,853 | 2,405 | 2,334 | 1,945 | 3,055 | 3.922 | 2,750 |
| $n$ nach Weinlig ist kleiner um pCt. | 12,9 | 12,3 | 12,6 | 5,7 | 12.6 | 34,5 | 18,4 | 9,0 |
| $n$ „ Rechnung „ „ „ „ | 15,1 | 12,5 | 15,7 | 11,1 | 15,8 | 34,0 | 17,0 | 16.2 |
| Die Summe der 3 Gase $CO_2 + O + CO$ ist mit dem Orsat gefunden | 18,10 | 19,00 | 18,30 | 18,80 | 16,90 | 15,67 | 19,10 | 18,24 * |
| Aus den Verbrennungsgasen berechnet | 20,51 | 20,43 | 20,73 | 20,39 | 20,01 | 21,05 | 20,01 | 20,24 |
| Nach Dr. Schondorf's Correctur | 20,60 | 20,50 | 20,79 | 20,46 | 20.16 | 21,04 | 20,56 | 20,37 |
| Durch den Orsat-Apparat sind zu wenig Volumprocent ermittelt | 2,50 | 1,50 | 2,49 | 1,66 | 3.26 | 5,37 | 1.46 | 2,13 |
| Verlust in pCt. der corrigirten Werthe | 12,1 | 7,3 | 11,9 | 8,1 | 16,1 | 25.5 | 7,1 | 10.4 |

## Tabelle IV. Verbrennungsresultate.

| | I. Unter Zugrundelegung des Werthes von $n = \frac{21}{21 - \frac{79\,O}{N}}$. | | | | | | | | II. Unter Zugrundelegung des corrigirten Werthes von $n$. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Laufende No. der Anlage | A | F | H | J | C | L | D | M | A | F | H | J | C | L | D | M |
| Die Wärmecapacitäten der Verbrennungsgase sind: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $(8{,}279\,h + 2{,}760\,c_1 + 1{,}360\,c_2 - 1{,}305\,o)\,n = n\,y =$ | 1,7563 | 2,4747 | 1,8635 | 1,8421 | 1,8489 | 2,9528 | 6,7482 | 4,8862 | 2,0692 | 2,8310 | 2,2121 | 2,0691 | 2,1968 | 4,4762 | 8,1331 | 5,8346 |
| $(0{,}161\,c_1 + 0{,}281\,c_2 + 2{,}521\,h + 0{,}218\,o + 0{,}475\,w) = z =$ | 0,3620 | 0,3657 | 0,3476 | 0,3651 | | | | | | | | | | | | |
| Also die Summe der Wärmecapacitäten der Gase $= ny + z =$ | 2,1183 | 2,8404 | 2,2111 | 2,2072 | 2,2018 | 3,2652 | 7,0297 | 5,1522 | 2,4312 | 3,1967 | 2,5597 | 2,4342 | 2,5497 | 4,7877 | 8,4146 | 6,1006 |
| Specifische Wärme der Asche $= 0{,}25\,a$ . . . . . = | 0.0187 | 0,0164 | 0,0255 | 0,0220 | | | | | | | | | | | | |
| Die Summe der Wärmecapacitäten der Producte $= ny + z + 0{,}25\,a =$ | 2,1370 | 2,8568 | 2,2366 | 2,2292 | 2,2242 | 3,2933 | 7,0509 | 5,1796 | 2,4499 | 3,2131 | 2,5852 | 2,4562 | 2,5721 | 4.8157 | 8,4358 | 6,1280 |
| Die theoret. Wärmemenge $= 8080\,c + 34462\left(h - \frac{o}{8}\right) = \mathfrak{W} =$ | 2794 | 2822 | 2929 | 2788 | 3567 | 5028 | 6419 | 6570 | 2794 | 2822 | 2929 | 2788 | 3567 | 5028 | 6419 | 6570 |
| Die entwickelte Wärmemenge $= 8080\,c_1 + 2473\,c_2 + 34462\left(h - \frac{o}{8}\right) = W =$ | 2702 | 2822 | 2730 | 2679 | 3442 | 4294 | 6329 | 6479 | 2702 | 2822 | 2730 | 2679 | 3412 | 4294 | 6329 | 6479 |
| $588{,}5\,(9\,h + w) = v_3$ . . . . . . . . . . . . . = | 403 | 412 | 380 | 414 | 396 | 304 | 272 | 252 | 403 | 412 | 380 | 414 | 396 | 304 | 272 | 252 |
| Theoret. Herdtemperatur $= \frac{W + t\,n\,y - 588{,}5\,(9h+w)}{n\,y + z + 0{,}25\,a} = T =$ | 1078 | 851 | 1067 | 1032 | 1379 | 1215 | 866 | 1202 | 941 | 758 | 926 | 939 | 1103 | 832 | 725 | 1016 |
| Nutzbare Wärmemenge pro 1k Kohle $= (T - T_1)(n\,y + z) = \Omega =$ | 1735 | 1579 | 1585 | 1395 | 2255 | 2975 | 3698 | 4390 | 1658 | 1480 | 1474 | 1312 | 2136 | 2528 | 3240 | 4063 |
| Verlust $V = \mathfrak{W} - \Omega =$ . . . . . . . . . $V =$ | 1059 | 1243 | 1344 | 1393 | 1312 | 2053 | 2721 | 2180 | 1136 | 1342 | 1455 | 1476 | 1431 | 2500 | 3179 | 2507 |
| Der Verlust $V$ ist einzeln berechnet, wie folgt: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| An Asche geht verloren $0{,}25\,a\,T =$ . . . . . $v_1 =$ | 20 | 14 | 27 | 23 | 31 | 34 | 18 | 33 | 18 | 12 | 24 | 21 | 27 | 23 | 15 | 28 |
| Durch unvollständige Verbrennung $\mathfrak{W} - W =$ . $v_2 =$ | 92 | 0 | 199 | 109 | 125 | 734 | 90 | 91 | 92 | 0 | 199 | 109 | 125 | 734 | 90 | 91 |
| Durch Wasser $588{,}5\,(9\,h + w) =$ . . . . . . $v_3 =$ | 403 | 412 | 380 | 414 | 396 | 304 | 272 | 252 | 403 | 412 | 380 | 414 | 396 | 304 | 272 | 252 |
| Durch abziehende Gase $t\,(n\,y + z)$ . . . . . . $v_4 =$ | 548 | 838 | 774 | 883 | 782 | 993 | 2390 | 1803 | 629 | 943 | 896 | 974 | 905 | 1455 | 2861 | 2135 |
| zusammen | 1063 | 1264 | 1380 | 1429 | 1334 | 2065 | 2770 | 2179 | 1142 | 1367 | 1499 | 1518 | 1453 | 2516 | 3238 | 2506 |
| Abzuziehen der Betrag der erwärmten Luft $- t\,n\,y =$ | 5 | 22 | 37 | 37 | 18 | 12 | 47 | 0 | 6 | 25 | 44 | 41 | 22 | 18 | 57 | 0 |
| $V = v_1 + v_2 + v_3 + v_4 - t\,n\,y =$ | 1058 | 1242 | 1343 | 1392 | 1316 | 2053 | 2723 | 2179 | 1136 | 1342 | 1455 | 1477 | 1431 | 2498 | 3181 | 2506 |
| Verdampft wurden ermittelt pro 1k Kohle in c . . . . | 1556 | 1888 | 1862 | 1829 | 1841 | 1973 | 3902 | 3888 | 1556 | 1888 | 1862 | 1829 | 1841 | 1973 | 3902 | 3888 |
| Das ergielt verdampft in Procent von $\Omega =$ . . . . . | 89,69 | 119,57 | 117,48 | 131,11 | 81,77 | 66,32 | 105,51 | 88,56 | 93,84 | 127,59 | 126,32 | 139,40 | 86,33 | 78,04 | 120,43 | 95,69 |
| Wenn das ganze zur Disposition stehende $\Omega$ nutzbar gemacht wäre, so müssten noch an Wasser übergerissen sein in Procent $= \frac{100\,(v\,d - \Omega)}{v\,(d - w)}$ = übergerissen: | — | 19,2 | 17,3 | 28,1 | — | — | 5,8 | — | — | 25,4 | 24,2 | 33,5 | — | — | 18,8 | — |
| Wenn nach **Weinhold** in max. 90 pCt. von den zur Disposition stehenden Wärmeeinheiten $\Omega$ nutzbar gemacht werden, so wäre an Wasser übergerissen . pCt. | — | 29,1 | 27,1 | 37,2 | — | — | 16,3 | — | 4,7 | 34,6 | 33,4 | 42,0 | — | — | 28,0 | 7,2 |
| Nach Ad. F. **Weinhold** ist der Nutzeffect der Heizung $= \frac{\Omega}{\mathfrak{W}}$; oder in Procenten $= \frac{100\,\Omega}{\mathfrak{W}} =$ . . . . . | 62,1 | 55,9 | 54,1 | 50,0 | 63,2 | 59,1 | 57,6 | 66,8 | 58,9 | 52,5 | 50,3 | 47,0 | 59,8 | 50,2 | 50,4 | 61,8 |
| Dagegen wurden nach **Weinlig** in Procent von $\mathfrak{W}$ nutzbar gemacht . . . . . . . . . . . . . . . | 55,6 | 66,8 | 63,5 | 65,7 | 51,6 | 39,2 | 60,8 | 59,1 | 55,6 | 66,8 | 63,5 | 65,7 | 51,6 | 39,2 | 60,8 | 59,1 |

**Tabelle V. Wärmeüberführungscoefficient k pro 1qm Heizfläche, pro Stunde und 1° C. Temperaturdifferenz und Gasgeschwindigkeiten.**

| Laufende No. der Anlage . . . . . | A | F | H | J | C | L | D | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur der abziehenden Gase $T_1 =$ | 259 | 295 | 350 | 400 | 355 | 304 | 340 | 350 * |
| „ von Wasser und Dampf $t_1 =$ | 155,84 | 148,29 | 154,41 | 145.75 | 141.88 | 146,61 | 142,14 | 149.09 |
| „ des Speisewassers . . $t_{ii} =$ | 74 | 59 | 67 u. 89 | 51 | 67 u. 92 | 48 | 86 | 41 * |
| $1^k$ Dampf $= 606{,}5 + 0{,}305\, t_1 - t_{ii}$ Cal. | 580,03 | 592,72 | 586,59 | 599,95 | 582,63 | 603,31 | 563,85 | 610,97 |
| Dasselbe exclusive Vorwärmer . . . . | do. | do. | 564,59 | do. | 557,62 | do. | do. | do. |
| 1qm Heizfläche verdampft Wasser à Std. k | 10,00 | 20,59 | 38,51 | 31,68 | 24,51 | 18,61 | 18,39 | 21,29 |
| 1qm Heizfl. absorbirt pro Std. in Cal. $= C$ | 5800,3 | 12209,6 | 21777,5 | 19004,8 | 13667,3 | 11225,5 | 9908,5 | 13006,0 |
| Entstehende Herdtemperatur $T$: nach Weinlig in ° C. $=$ | 946 | 921 | 1130 | 1044 | 1100 | 1400 | 912 | 1176 * |
| „ genauem $n =$ . . | 1078 | 851 | 1067 | 1032 | 1379 | 1215 | 866 | 1202 |
| „ corrigirtem $n =$ . | 941 | 758 | 926 | 939 | 1193 | 832 | 725 | 1016 |
| Mittlere Temperaturdifferenz zwischen Gasen und Kesselwasser $= t_m$: nach Weinlig $= (T - T_1 - t_1) =$ | 531,2 | 477,8 | 625,6 | 498,2 | 603,7 | 949,4 | 429,9 | 677,0 * |
| berechnet $\frac{T - T_1}{\ln \frac{T - t_1}{T_1 - t_1}} =$ | 373,7 | 355,6 | 466,9 | 505,8 | 583,4 | 475,1 | 405,7 | 514.4 |
| ebenso nach corrigirt. $n =$ | 335,8 | 325,8 | 420,4 | 473,4 | 526,3 | 358,4 | 356,5 | 456,0 |
| Der Wärmeüberführungscoefficient | | | | | | | | |
| $k = \frac{C}{t_m}$: nach Weinlig $k =$ . . . . | 10,91 | 25,53 | 34,81 | 38,14 | 22,63 | 11,82 | 23,04 | 19,31 * |
| „ genauem $n$ ist $k =$ . . | 15,52 | 34,33 | 46,73 | 37,57 | 23,43 | 23,62 | 24,42 | 25,27 |
| „ corrigirtem $n$ ist $k =$ . | 17.27 | 37,58 | 51,80 | 40,05 | 25,97 | 31,32 | 27,79 | 28,53 |
| $k_1 = \frac{\Omega \text{ pro qm u. Std.}}{t_m}$: nach genauem $n$ ist $k$ | 17,8 | 28,7 | 39,8 | 28,6 | 28,8 | 35.6 | 23,1 | 28,5 |
| „ corrigirt. $n$ ist $k$ | 18,4 | 29,4 | 41,0 | 28,7 | 30,0 | 40,1 | 23,0 | 29,8 |
| Gasgeschwindigkeiten: | | | | | | | | |
| Volumen der Gase pro $1^k$ Kohle 0° für $n =$ | 6,468 | 8,282 | 6,786 | 6,759 | 6,707 | 10,148 | 22,186 | 16,103 |
| Dasselbe „ „ für corrig. $n =$ | 7,472 | 9,333 | 7,897 | 7,482 | 7,837 | 15,045 | 26,592 | 19,158 |
| Pro Secunde wurden verbrannt in k . | 0,4733 | 0,8305 | 0,7497 | 1,2362 | 0,8635 | 0,7090 | 0,1821 | 0.4219 |
| Summa der Gase bei 0°: nach berechnetem $n$ in cbm | 3,0612 | 6,8790 | 5,0874 | 8,3468 | 5,7847 | 7,1949 | 4,0381 | 6,7934 |
| „ corrigirtem $n$ in cbm | 3,5365 | 7,7503 | 5,9208 | 9,3493 | 6,7507 | 10,6668 | 4.8689 | 6.7934 |
| Geschwindigkeit im Schieber bei $T_1$: nach berechn. $n$ in m | 2,54 | 3,41—6,82 | 6,31 | 5,94 | 3,67 | 5,48 | 5,41 | 4.12 |
| „ corrigirt. $n$ in m | 2,94 | 4,07—8,14 | 7,34 | 4,21 | 4.15 | 8,05 | 6,50 | 4,90 |
| Temperatur an der Schornsteinmündung | 229 | 263 | 314 | 362 | 319 | 271 | 305 | 314 |
| Geschwindigkeit in d. Schornsteinmündung: nach berechn. $n$ in m | 2,81 | 4,09 | 8,82 | 17,76 | 11,09 | 5,11 | 7,59 | 5,17 |
| „ corrigirt. $n$ in m | 3,25 | 4,61 | 10,36 | 19,66 | 12,94 | 7,58 | 9,11 | 6.35 |

Zu den Daten der Tabelle I ist nur zu erwähnen, dass dieselben der Vollständigkeit halber mitgetheilt werden, weil sie die Hauptgrundlagen der etwa aufzustellenden Berechnungen liefern.

In Tabelle II ist eine berechnete Analyse als Mittel der einzelnen Analysen der Kohlensorten in der Mischung aufgeführt, da nur bei den beiden Anlagen A und D je eine Sorte Kohle gefeuert wurde, in den anderen Anlagen stets Mischungen.

Hr. Weinlig hat von dem theoretischen Heizeffect stets die latente Wärme des Wassers $W$ in Abzug gebracht, ohne dies weiter zu begründen. Auch ist es widersprechend, wenn in Col. 48 der Weinlig'schen Tabelle III nur 536 $W$ in Abzug gebracht wird, während S. 41 des Werkes die Wärmemenge $(9H + W)$ $(536 + 100)$ in Abzug gebracht wird. In der mitgetheilten Tabelle II ist der theoretische Heizeffect nach der Favre und Silbermann'schen Formel berechnet und ohne Abzüge in Rechnung gestellt. Ein Vergleich der so gefundenen Werthe mit denen Weinlig's liefert allerdings bei zwei

Anlagen wesentliche Differenzen. Bei Anlage A ist nach Weinlig . . . . . (𝔚 — 53670) = 2498°, nachgerechnet jedoch . . . (2794 — 246) = 2548°

mehr 50°.

Ebenso ist bei Anlage C nach Weinlig

(𝔚 — 53670) = 3800°.

Dagegen aus der Durchschnittsanalyse berechnet

(3567 — 214) = 3353°

weniger 447°.

Diese letztere, allerdings sehr grosse Differenz beruht entschieden auf einem Rechenfehler, da die dort aufgeführten Heizeffecte der einzelnen Kohlensorten richtig sind und das Mittel daraus auch den obigen Betrag beinahe gleich ergiebt, nämlich 3351°

| | | |
|---|---|---|
| 22 pCt. einer Kohle mit | 2709° = | 595,98° |
| 43 „ „ „ „ | 2520° = | 1083,60° |
| 21 „ „ „ „ | 2954° = | 620,34° |
| 14 „ „ „ „ | 7505° = | 1050,70° |
| 100 pCt. des Gemisches . . . | | 3350,62°. |

Bei Anlage C sind für den mittleren Dampfüberdruck in Atm. in Weinlig's Tabelle II angeführt 2,6 und 4,8; es dürfte so verstanden werden, dass 8 Kessel von 17,42 qm Rostfläche mit 2,6 Atm. und 1 Kessel von 1,02 qm Rostfläche mit 4,8 Atm. arbeiten. Das Mittel hieraus würde ergeben

$$\frac{17{,}42 \cdot 2{,}6 + 1{,}02 \cdot 4{,}8}{17{,}42 + 1{,}02} = 2{,}72 \text{ Atm.}$$

Dieser mittlere Dampfdruck ist auch in Tabelle II aufgeführt, während die sämmtlichen anderen einfach aus Weinlig's Tabellen entnommen sind.

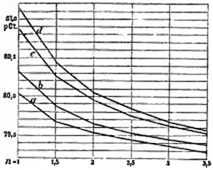
In Tabelle III sind zuerst die mit dem Orsat-Apparat bestimmten mittleren Rauchgasanalysen mitgetheilt und der Grad der Unvollkommenheit $u = \frac{CO}{CO_2 + CO}$ berechnet.

Der Luftüberschusscoefficient $n = \frac{21}{21 - \frac{79\,O}{N}}$ ist in beiliegender Tabelle III bis zur dritten Decimale genau berechnet und zeigt besonders bei den Anlagen J und M gegen die von Weinlig abgerundet gegebenen Zahlen zu grosse Abweichungen.

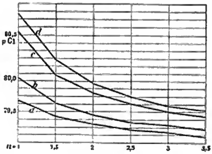
Wenn man unter Zugrundelegung der beiden Coefficienten $u$ und $n$ nach der Analyse die trockenen Verbrennungsgase berechnet, so ergeben sich die in Tab. III verzeichneten Daten, aus denen hervorgeht, dass der Gehalt an $CO_2$ und CO durchgängig grösser, dagegen derselbe an O und N stets kleiner ausfällt, als mit dem Orsat nachgewiesen. Ebenso ergiebt sich, dass die Summe der Gase von $CO_2$, O und CO, die mit dem Orsat-Apparate nachgewiesen wurden, gegenüber den mit Zuhilfenahme von $n$ und $u$ und der Elementaranalyse berechneten Werthen stets kleiner, und da der Stickstoff sich als der jeweilige Rest dieser obigen Summe von 100 ergab, die in der Rauchgasanalyse angegebenen Procentsätze für Stickstoff zu hoch sind. Diese Werthe für N waren nach Weinlig 80,90 bis 84,33.

In den beistehenden Holzschnitten sind vier verschiedene Kohlensorten bei $n = 1$; 1,5; 2; 2,5; 3 und 3,5 und $u = 0$; 0,05; 0,1; 0,2 und 0,3 verbrannt gedacht und der in jedem einzelnen Falle theoretisch resultirende Stickstoff ermittelt. Zu den vier Kohlensorten wurden ausgewählt a) eine geringwerthige Braunkohle (Bitterfelder Revier); b) eine mittlere Braunkohle (Grube

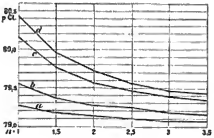
$u = 0$



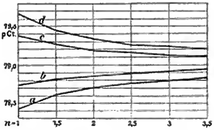

$u = 0,05$



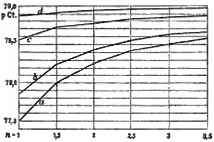

$u = 0,1$




$u = 0,2$




$u = 0,3$



# Georg S

## Betriebsresultate v

### Veränderungen der Manometer- u

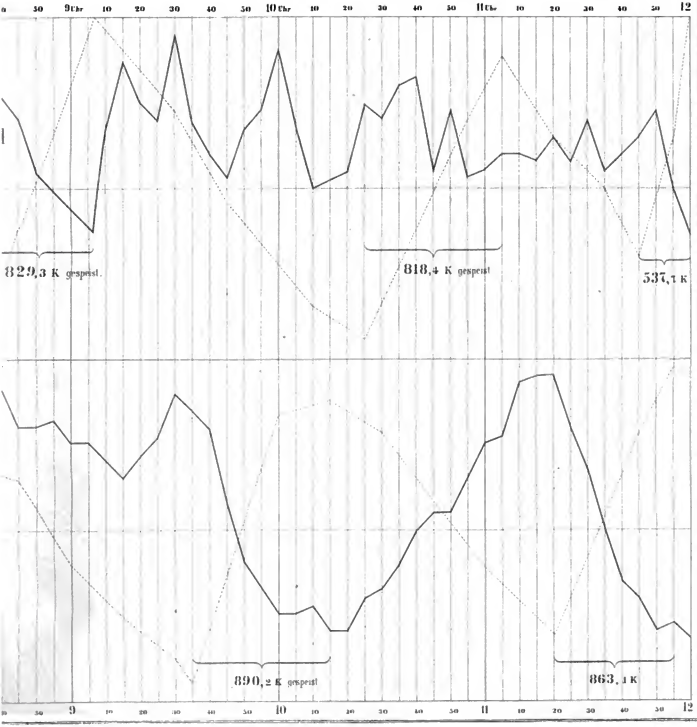
Vormittags.



# hsenberg:

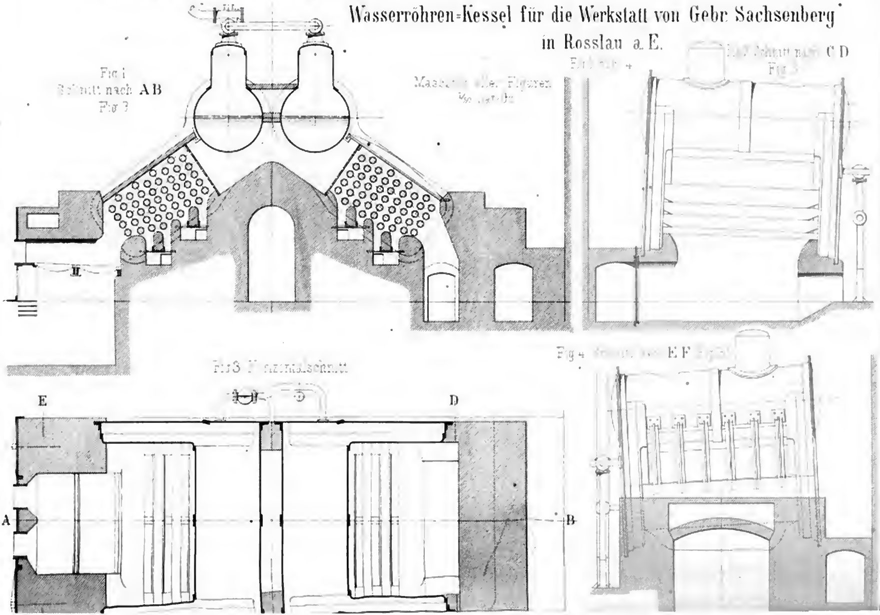
## zwei Röhrenkesseln.

Wasserstände während der Probezeit.



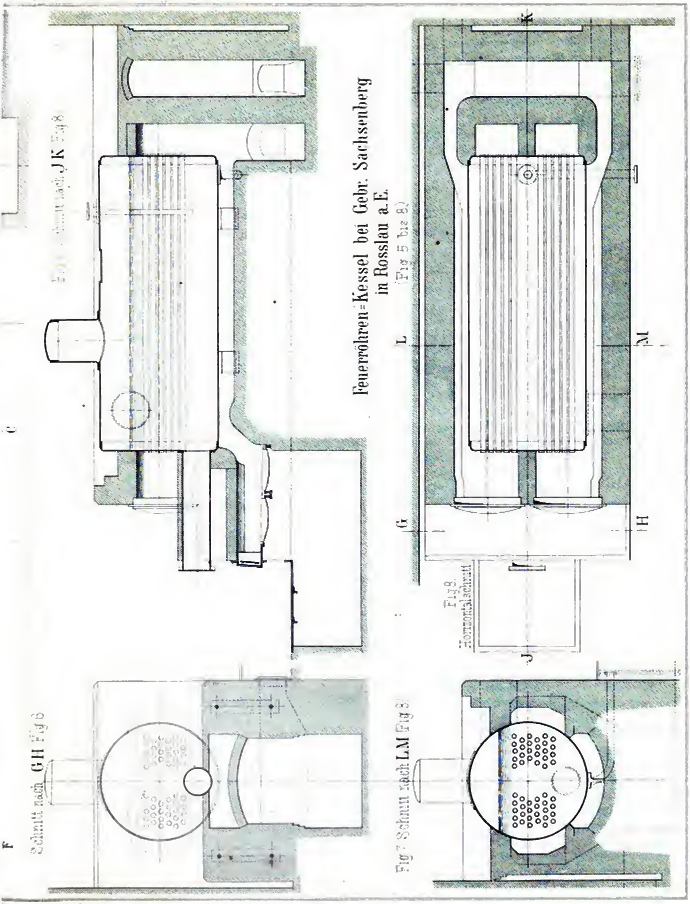
# Georg Sachsenberg: Betriebsresultate von zwei Röhrenkesseln.

## Wasserröhren-Kessel für die Werkstatt von Gebr. Sachsenberg in Rosslau a. E.






Kgl. Hof-Lith. v. Herm




Burgstr 6. Berlin C

Alfeld b/Gnadau); c) eine mittlere Steinkohle (Dahlbusch) und d) eine der besten Steinkohlensorten, wasserfrei gedacht (Obernkirchen). Die quantitative Analyse war bei

| | C | H | O | W | A | theoretische Wärmemenge |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a) | 27,92 | 2,41 | 14,42 | 47,81 | 7,44 | 2466 |
| b) | 30,90 | 2,50 | 13,09 | 46,00 | 7,51 | 2794 |
| c) | 67,57 | 4,02 | 9,89 | 10,00 | 8,51 | 6419 |
| d) | 89,50 | 4,83 | 4,67 | 0,00 | 1,00 | 8694 |

Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass nur in dem praktisch unmöglichen Falle, dass $n = 1$ und $u = 0$ ist, der Gehalt an N bis 81,18 und nur bei bester Steinkohle steigen kann.

Nehmen wir dagegen für eine günstige Verbrennung $n = 2$ und $u = 0$, so würde bei

a) N = 79,51
b) N = 79,65
c) N = 79,93
d) N = 80,05.

Je mehr aber $n$ und $u$ steigen, um so kleiner wird N ausfallen. Es müssen also alle für N von Weinlig angeführten Procentsätze zu hoch gelten. (Schluss folgt.)

# Betriebsresultate über zwei Röhrenkessel.

Von **Georg Sachsenberg.**

(Vorgetragen in der Versammlung des Sächsisch-anhaltinischen Bezirksvereines vom 14. Juli 1878.)

(Hierzu Blatt 9 und 10.)

Für Manchen dürfte es von Interesse sein, einige Resultate von Versuchen, welche ich in unserer Fabrik an zwei Röhrenkesseln anstellte, zu erfahren. Der Zweck dieser Versuche war, festzustellen, welches Kesselsystem — das Wasser- oder Feuerröhren-System — das bessere, das empfehlenswerthere sei. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden auf Hrn. Lüders' Vorschlag zwei Kessel gebaut, welche in ihren Verhältnissen möglichst gleich waren, nach jedem System je einer.

Der in Fig. 5 bis 8, Blatt 9 dargestellte Feuerröhren-Kessel, welcher der Paucksch'schen Construction sehr ähnlich ist, besteht aus einem liegenden Cylinder von 1,725$^{m}$ Durchm. und 4,895$^{m}$ Länge im Lichten, mit ebenen Endflächen, durch welchen in zwei Abtheilungen zusammen 54 Stück Feuerröhren von 82,5$^{mm}$ äusserem Durchm. hindurchgehen.

Die Heizfläche beträgt 73,51$^{qm}$, die Rostfläche 1,77$^{qm}$.

Die Feuerungsanlage besteht aus einer Vorfeuerung mit Planrost. Das Feuer zieht zunächst unter dem Kessel nach hinten, theilt sich an der Stirnwand, geht durch die Rohre nach vorn, bestreicht alsdann die Seitenflächen des Kessels, und nachdem sich die Rauchgase wieder vereinigt, passiren sie die Schieberöffnung von 550$^{mm}$ und 800$^{mm}$ Weite, gelangen dann durch den 11,5$^{m}$ langen Fuchs zum Schornstein von 24,5$^{m}$ Höhe und 0,700$^{m}$ oberer lichter Weite.

Das Speiserohr ist an dem der Feuerung entgegengesetzten Ende des Kessels angebracht, und mündet 300$^{mm}$ über dem Mantelboden.

Der Dampf, welcher im Dom von 620$^{mm}$ Durchm. und 700$^{mm}$ Höhe gesammelt wird, geht vor der Arbeit in einen Wasserabscheider, an welchem zugleich die verschiedenen Dampfabzweigungen vermittelt werden.

Der Wasserröhren-Kessel ist in Fig. 1 bis 4 gezeichnet und besteht aus zwei gleichen Röhrensystemen, welche in ihren Dampf- und Wasserräumen durch je ein Rohr verbunden sind. Solch ein System hat zwei sich gegenüber liegende Wasserkammern von 1,800$^{m}$ Länge, 0,975$^{m}$ Breite und 0,250$^{m}$ lichter Weite, welche 2,260$^{m}$ von einander entfernt, am höchsten Punkte einen Oberkessel von 1$^{m}$ Durchm. zwischen sich einschliessen, und durch 47 Röhren von 102$^{mm}$ äusserem und 96$^{mm}$ innerem Durchm. verbunden sind. Beide Röhrensysteme sind mit ihren Oberkesseln dicht an einander gelagert und zwar so, dass dieselben den höchsten Punkt bilden, während die Wasserkammern mit den Röhren nach beiden Seiten hin abfallen.

Die Heizfläche beträgt 73,72$^{qm}$, die Rostfläche 1,77$^{qm}$.

Die Feuerungsanlage ist ebenso wie die des Feuerröhren-Kessels. Das Feuer bestreicht aufsteigend zunächst die 47 Wasserröhren normal zu ihrer Längsrichtung, bespült dann nach einander die beiden Oberkessel und fällt alsdann wieder ab, die übrigen Wasserröhren bestreichend. Die Gase passiren nun die Schieberöffnung von 550 und 800$^{mm}$ Weite und gelangen dann durch den Fuchs von 6,5$^{m}$ Länge zum Schornstein. Das Speiserohr mündet in dem Wasserverbindungsrohr der beiden Röhrensysteme. Der Dampf wird in zwei Domen von je 500$^{mm}$ Durchm. und 550$^{mm}$ Höhe, welche durch ein Rohr verbunden sind, gesammelt. Vor der Arbeit passirt der Dampf den vorerwähnten Wasserabscheider.

Zum besseren Vergleich beider Kessel lasse ich hier die Tabelle I folgen, aus welcher die Verhältnisse der Kessel zu einander ersichtlich sind. Aus derselben geht hervor, dass die Heiz- und Rostflächen gleich sind, jedoch bietet der Wasserröhren-Kessel etwa 6,8$^{qm}$ mehr dünnwandige Heizfläche.

Zu Spalte 5 wäre zu bemerken, dass der Rohrquerschnitt des Feuerröhren-Kessels ein zu kleiner, der Durchgangsquerschnitt zwischen den Röhren des Wasserröhren-Kessels ein zu grosser ist; ersterer ist wol kaum zu ändern, während der letztere Querschnitt bei Neuconstruction leicht zu verkleinern wäre; ich komme später noch einmal darauf zurück. Der Schornstein ist entschieden zu niedrig, hauptsächlich für den Feuerröhren-Kessel, während der obere Querschnitt genügend sein dürfte.

Der Wasserinhalt des Wasserröhren-Kessels ist etwas kleiner, ebenso die Wasserspiegeloberfläche, dagegen sind die Dampfräume gleich gross.

### Tabelle I.

| 1 | 2 | | 3 | | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| System | Heizfläche | | Rostfläche | | Verhältniss der Heizfläche zur Rostfläche | Querschnitt des Zuges in bezw. zwischen den Röhren | Schornstein | | Wasserraum bei normalem Wasserstand | Dampfraum | Wasserspiegel | Verhältniss des Wasserspiegels zur Rostfläche | Verhältniss des Zugquerschnitts zur totalen Rostfläche | Verhältniss der Rostfläche zur Schornsteinmündung |
| | Rohre | Summa | freie | totale | | | Höhe | Mündung | | | | | | |
| | qm | qm | qm | qm | | qm | m | qm | cbm | cbm | qm | | | |
| Feuerröhren-Kessel | 59,08 | 73,51 | 0,356 | 1,77 | 41,5 | 0,243 | 24,5 | 0,385 | 6,90 | 2,40 | 6,54 | 3,70 | $\frac{1}{7{,}14}=0{,}14$ | 4,60 |
| Wasserröhren-Kessel | 65,80 | 73,72 | 0,356 | 1,77 | 41,5 | 0,650 | 24,5 | 0,385 | 5,63 | 2,40 | 5,62 | 3,23 | $\frac{1}{2{,}70}=0{,}37$ | 4,60 |

Zunächst waren zum Zweck dieser Versuche folgende Vorkehrungen getroffen:

Um die Menge des Speisewassers bestimmen zu können, war ein Reservoir, welches etwa 1000$^k$ Wasser fasste, aufgestellt, aus welchem die Dampfpumpe zu saugen hatte. Vermittelst eines Schwimmers mit Index wurde der Wasserstand vor und nach jeder Speisung, welche durchschnittlich 700 bis 850$^k$ betrug, abgelesen und notirt, ebenso die Temperatur desselben. Der hierbei zu machende Fehler konnte höchstens $^1/_{800}$ betragen. Ausserdem war zur Controle an der Speisepumpe ein Hubzähler angebracht.

Die Kohle war Bitterfelder Braunkohle, bekanntlich ein sehr schlechtes Material; um die Menge festzustellen, wurde dieselbe räumlich gemessen und gewogen, wodurch ein genaues Durchschnittsresultat zu erzielen war. 1$^{hl}$ dieser Kohle wiegt danach im grubenfeuchten Zustande 72$^k$.

Der Wasserstand der Kessel konnte direct abgelesen werden, zu welchem Zweck eine Millimeterscala angebracht war. Derselbe wurde von 5 zu 5 Minuten notirt, ebenso die Dampfspannung.

Der Zugschieberstand markirte sich an einer angebrachten Centimetertheilung; jede Aenderung wurde notirt.

Ausserdem wurden noch gemessen die Zugstärke in Millimeter Wassersäule und die Temperatur der abziehenden Feuergase vermittelst eines Metallpyrometers.

Zur Erleichterung für den Beobachter waren Tabellen in Buchform angefertigt, in welchen die einzelnen Daten eingetragen wurden. Nachstehend folgt als Beispiel eine Seite aus diesem Tabellenbuch.

Zu den Versuchen selbst übergehend, bemerke ich dazu:

Die Zeitabschnitte, in welchen die in Rechnung kommenden Versuche angestellt wurden, waren so gewählt, dass keine Unterbrechungen stattfanden, um das Resultat nicht zu trüben.

Der erste Versuch, welcher am 12. April angestellt wurde, bezieht sich auf den Wasserröhren-Kessel. Die Dauer des Versuches betrug 5$^1/_2$ Stunde. Die Resultate sind auf folgende Weise ermittelt worden.

Das in den Kessel gebrachte Wasserquantum ergiebt sich aus drei Speisungen von zusammen 2648,5$^{mm}$ Wasser-

### Tabelle für den Beobachter.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zeit | Wasserstand | Manometerstand | Zugschieberstand | Stand im Bassin | Hubzähler | Thermometer | Zugstärke | Speisung | Kohlen | | Pyrometerstand |
| Stunde | mm | Atm. | cm | mm | | °C. | mm | | Gew. in k | hl | °C. |
| $8^{30}$ | 58 | 6 | 470 | | 26 846 | | 7 | | 219 | 3 | 145 |
| $8^{35}$ | 52 | 5,8 | 400 | | | | | | | | |
| $8^{40}$ | 46 | 5,7 | | | | | | | | | |
| $8^{45}$ | 42 | 5,7 | 400 | | | | 7 | | | | 150 |
| $8^{50}$ | 33 | 5,7 | | | | | | | | | |
| $8^{55}$ | 22 | 5,9 | | | | | | | | | |
| 9 | 16 | 5,8 | 400 | | | | 7,2 | | | | 150 |
| $9^{05}$ | 12 | 5,85 | | | | | | | | | |
| $9^{10}$ | 2 | 5,95 | 470 | 1107 | 26 846 | 9 | | | | | |
| $9^{15}$ | 24 | 5,75 | | | | | 7 | | | | 153 |
| $9^{20}$ | 33 | 5,40 | 470 | | | | | | | | |
| $9^{25}$ | 44 | 5,15 | | | | | | | | | |
| $9^{30}$ | 56 | 5 | | | | | 7 | 2to | 72 | 1 | 152 |
| $9^{35}$ | 64 | 4,85 | 470 | | | | | | | | |
| $9^{40}$ | 82 | 4,8 | | | | | | | | | |
| $9^{45}$ | 80 | 4,8 | 400 | 221,5 | 28 118 | | 7 | | | | 153 |
| $9^{50}$ | 72 | 5,2 | | | | | | | | | |

stand des Reservoirs zu 0,950$^k$ pro Millimeter; giebt 2516,1$^k$ Wasser von 8,5$^0$ C. Der Anfangswasserstand betrug 87$^{mm}$ über dem tiefsten Wasserspiegel, der Endwasserstand betrug 92$^{mm}$, ergiebt 5$^{mm}$ Differenz oder = 26,4$^k$. Also wirklich verdampftes Wasser 2489,7$^k$ von 8,5$^0$ C. zu Dampf von 5,49 Atm. Ueberdruck. Letzterer entspricht nach Regnault 656 − 8,5 = 647,5$^c$,

also für 2489,7$^k$ . . . . . . . . . . . 1 612 080,8$^c$

und für 26,4$^k$ Wasser von 8,5$^0$ auf 162,35$^0$

zu erwärmen . . . . . . . . . . . 4 105,2$^c$

Summa 1 616 186$^c$,

welche erzeugt wurden von 14,3$^{hl}$ Kohle à 72$^k$ = 1029,6$^k$, dies ergiebt für 1$^k$ Kohle 1570$^c$ oder 2,425$^k$ verdampftes Wasser von 8,5$^0$ C. zu Dampf von 5,49 Atm.

Rechnet man die 4105,2$^c$ mit zur Verdampfung, so erhält man für 1029,6$^k$ Kohle eine Verdampfung von 2496,8$^k$ Wasser von 8,5$^0$ C. auf 5,49 Atm. —

Auf gleiche Weise wurden die anderen beiden Versuche berechnet.

In Tabelle II sind die Hauptresultate zusammengestellt.

**Tabelle II.**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Datum | Zeit | Verdampftes Wasser | Mittlere Temperatur des Speisewassers | Verfeuerte Kohle | 1$^k$ Kohle verdampft Wasser | Mittlere Manometer-Angabe | Mittlere Rauchschieber-Oeffnung | Temperatur der Gase im Fuchs | Zugstärke im Fuchs Wassersäule | 1$^{qm}$ Rostfläche verbrennt pro Stunde | 1$^{qm}$ Heizfläche verdampft pro Stunde | 1$^k$ Kohle verdampft Wasser v. 80° zu Dampf v. 6 Atm. Ueberdr. | Kohlenverbrauch pro Stunde | Wasserverbrauch pro Stunde | Bemerkungen |
| | | Stdn. | k | ° Cels. | k | k | Atm. | qm | ° Cels. | mm | k | k | k | k | k | |
| Wasserröhren-Kessel | 12. April | 5,5 | 2496,8 | 8,5 | 1029,6 | 2,435 | 5,49 | 0,193 | min. 160 max. 182 | 9,0 | 105,8 | 6,17 | **2,72** | 187,2 | 453,9 | Verfeuerung a. Planrost. — Gemisch von Deutsch-Grube u. Grube Marie. |
| Wasserröhren-Kessel | 13. April | 6,5 | 3628,5 | 9,5 | 1404 | 2,58 | 5,27 | 0,193 | min. 160 max. 182 | 9,0 | 122 | 7,59 | **2,90** | 216 | 558,2 | Verfeuerung a. Planrost. — Kohle: Deutsch-Grube |
| Feuerröhren-Kessel | 16. April | 5,5 | 2599 | 10,6 | 1080 | 2,407 | 5,31 | 0,220 | min. 150 max. 172 | 7,25 | 110,9 | 6,41 | **2,69** | 196,3 | 472,5 | do. |

Zum ersten Versuche wurde ein Gemisch von Kohle, nämlich der Deutschen Grube und der Grube Marie benutzt. Das Resultat mag deshalb etwas niedriger als beim zweiten Versuch ausgefallen sein.

Der zweite und dritte Versuch wurden mit ganz gleicher Kohle angestellt. Dieselben waren von der Deutschen Grube aus ein und derselben Lowry, weshalb sich diese beiden Versuche gut vergleichen lassen.

Nach Tabelle II verdampfte der Wasserröhren-Kessel in $6\frac{1}{2}$ Stunde 3628,5$^k$ Wasser von 9,5° C. zu 5,37 Atm. Dampf mit 1404$^k$ Kohle.

1$^k$ Kohle verdampft 2,58$^k$ Wasser oder auf Wasser von 80° C. und Dampf von 6 Atm. reducirt

1$^k$ Kohle verdampft 2,90$^k$ Wasser.

Der Feuerröhren-Kessel verdampfte in $5\frac{1}{2}$ Stunden 2599$^k$ Wasser von 10,6° C. zu Dampf von 5,31 Atm. mit 1080$^k$ Kohlen, also

1$^k$ Kohle verdampft 2,407$^k$ Wasser

oder auf Speisewasser von 80° C. und Dampf von 6 Atm. reducirt

1$^k$ Kohle verdampft 2,69$^k$ Wasser.

Nach diesen Vergleichen wäre der Wasserröhren-Kessel dem Feuerröhren-Kessel überlegen, trotz der kleinen Fehler, welche auch dem ersteren noch anhaften.

Die Mehrverdampfung beträgt etwa 8 pCt., obgleich die Rauchgase beim Feuerröhren-Kessel um 10° C. kühler entweichen.

Die Fehler der Kessel sind noch zu erwähnen, und komme ich hier zunächst auf den schon oben erwähnten Fehler des Feuerröhren-Kessels zu sprechen, nämlich, dass der Gesammtdurchgangsquerschnitt der Röhren ein zu kleiner sei, wodurch folgende Missstände hervorgerufen wurden. Die Zugstärke war trotz vermehrter Rauchschieberöffnung gegenüber der des Wasserröhren-Kessels weit geringer; dadurch wurde ein häufiges Rauchen am Feuerherd hervorgerufen, und es trat ein starkes Sinken der Dampfspannung, oft von 1,5 Atm. auf.

Ich habe versucht, diese Vorgänge graphisch darzustellen, indem ich auf Blatt 10 die Zeit als Abscisse, die Dampfspannungen mit dem zugehörigen Wasserstande als Ordinaten auftrug.

Der Wasserröhren-Kessel hat einige andere Fehler, welche aber nicht so bedeutend sind, nämlich ein Schwanken der Spannung in kürzeren Zeiträumen, welche jedoch meistens nicht mehr als $\frac{1}{2}$ Atm. beträgt, und den entgegengesetzten Fehler des Feuerröhren-Kessels, d. h. der Querschnitt zwischen den Röhren ist ein zu grosser, doch ist dies nur durch den eigenthümlichen Verschluss der Röhren hervorgerufen worden.

# Regulator.

Von Professor **R. R. Werner.**

(Deutsches Reichs-Patent.)

(Hierzu Tafel VIII.)

Dieser Regulator unterscheidet sich zwar nicht im Princip von dem mir früher in Preussen patentirten, dessen Beschreibung ich in Bd. XII, S. 489 d. Z. veröffentlicht habe, er ist aber constructiv einfacher und dabei kräftiger als jener.

Die grosse Einfachheit wird dadurch erreicht, dass die den Druck der Schwungmassen $Q$, $Q$ aufnehmenden und auf das Belastungsgewicht $S$ übertragenden Bahnen Theile der inneren Oberfläche jenes Gewichtes selbst sind. Um die Bewegung der Schwungmassen auf ihren Bahnen zu einer möglichst widerstandslosen zu machen, sind jene als Rollen construirt. Die Ausbreitung des Belastungsgewichtes zur Gestalt eines Hohlkegels gestattet nicht nur eine reichliche Bemessung der Schwere

desselben, sondern schützt auch einen in der Nähe des Regulators Beschäftigten vor einem Schlag durch die Pendel.

Das **höchste Mass von Energie**, welches mit den Gewichten $Q$ und $S$ erreichbar ist, habe ich auf Grundlage meiner in Bd. XVIII, S. 132 d. Z. gegebenen Theorie verwirklicht, durch eine derartige Gestaltung der Leitbahn $abcd$, Fig. 1, dass deren praktische Strecke $bc$ gegen die Regulatoraxe stark geneigt, und mit ihrer Mitte im Wendepunkt liegt. Infolge des letzteren Umstandes nähert sich die Curve $bc$ so sehr einer Geraden, dass die entsprechende innere Kegelseite in der Ausführung, um dieselbe zu erleichtern, ganz gerade gemacht werden kann. Der Regulator ist nur in **dem Falle astatisch**, dass die Pendel in den obersten Zapflöchern $l_0$, $l_0$ aufgehangen werden. Dagegen arbeitet er um so **stabiler** oder um so weniger empfindlich, je tiefer die Aufhängung erfolgt. Der jeweilig zweckmässigste Grad der Empfindlichkeit kann somit jederzeit mit genügender Annäherung eingestellt werden. Erforderlichen Falles würde es sogar leicht construirbar sein, jene Verstellung auch während des Ganges zu ermöglichen.

Das der Hebearbeit von Belastungs- und Schwunggewichten proportionale **Arbeitsvermögen** des Regulators, d. i. seine Fähigkeit, bedeutende Stellzeugwiderstände ungestört zu überwinden, ist für gegebene Gewichte $Q$ und $S$ infolge des sehr grossen Hubes des letzteren ungewöhnlich bedeutend. Zudem ist der Empfindlichkeitsgrad während des ganzen Hubes für einen Pendelausschlag von beispielsweise $20^0$ bis $50^0$ fast **constant**. Es ist dies eine der schätzenswerthen Eigenschaften meines Regulators, welche ich hier näher darzuthun mich veranlasst finde, indem dieselbe nicht unmittelbar aus meiner Theorie hervorgeht, so weit ich dieselbe, wie oben bemerkt, veröffentlicht habe.

Es sei in Metern ausgedrückt:

$l$ die mathematische Länge der Pendel;
$\alpha$ deren Ausschlagwinkel im Allgemeinen;
$\varphi$ der zugehörige Neigungswinkel der Leitcurve gegen die Axe des Regulators;
$e$ der Abstand der Pendeldrehpunkte von der Axe;
$Q$ das Gewicht jeder der beiden Schwungmassen;
$2S$ das Belastungsgewicht;
$k = \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 \cdot g = 894{,}38$;
$n$ die constante Umdrehungszahl pro Minute bei astatischer Aufhängung;
$s$ der Hub des Belastungsgewichtes von der Stellung $\alpha = 0$ aus gerechnet;
$ds$ ein unendlich kleiner Theil dieses Hubes, dem Ausschlage $d\alpha$ angehörend;

man kann dann setzen:

$$ds = l \, . \, d\alpha \, . \, \sin\alpha + l \, . \, d\alpha \, . \, \cos\alpha \, . \, \mathrm{cotg}\, \varphi,$$

und diesen Werth für $ds$ in die Gleichung (10) Bd. XVIII, S. 135 substituiren. Einfach auch nach $m = 1$ genommen, erhält man alsdann:

$$S(\mathrm{tg}\,\alpha + \mathrm{cotg}\,\varphi) = Q\left[\frac{n^2(l\sin\alpha + e)}{k} - \mathrm{tg}\,\alpha\right].$$

Denkt man nun, für einen gegebenen Ausschlag $\alpha$ sei $2S$ mit $n$ variabel, so bedingt ein Geschwindigkeitszuwachs $dn$ eine Gewichtsvermehrung $d(2S)$, oder anstatt dessen, einen dem $d(2S)$ gleich kommenden Reibungswiderstand des Stellzeuges. Es ist nun

$$\frac{d(2S)}{dn} = \text{dem Mass der Energie des Regulators.}$$

Da aber

$$\frac{d(2S)}{dn} = \frac{4nQ(l\sin\alpha + e)}{k(\mathrm{tg}\,\alpha + \mathrm{cotg}\,\varphi)}$$

und der vorhergehenden Gleichung wegen auch

$$\frac{d(2S)}{dn} = \frac{4S}{n}\left[1 + \frac{Q}{S(1 + \mathrm{cotg}\,\alpha \, . \, \mathrm{cotg}\,\varphi)}\right]$$

ist; da ferner der Kleinheit von $\frac{Q}{S}$ wegen der vorstehende Ausdruck für die verschiedenen Werthe von $\alpha$ sich nur wenig ändert, so ist das Mass der Energie nahezu constant $= 2 \cdot \frac{2S}{n}$.

Z. B. für den in $^1/_3$ der wirklichen Grösse gezeichneten Regulator ist bei astatischer Aufhängung $n = 400$; $l = 0{,}08$; $e = 0{,}018$; $\frac{S}{Q} = 6{,}83$ und $\varphi$ constant $= 31^0\, 7'\, 15''$; der Coefficient $\left[1 + \frac{Q}{S(1 + \mathrm{cotg}\,\alpha \, . \, \mathrm{cotg}\,\varphi)}\right]$ ergiebt sich für

$$\alpha = 20^0 \qquad 35^0\, 7'\, 25'' \qquad 50^0$$
$$= 1{,}027 \qquad 1{,}044 \qquad 1{,}061.$$

Um zu verhindern, dass nicht die **kurzen** Geschwindigkeitsschwankungen des zu regulirenden Motors auch auf den Regulator übertragen werden, lasse ich die Triebwelle $t$ nicht unmittelbar auf die Regulatorachse wirken, sondern, wie in Fig. 2 und 3 angegeben, durch Vermittelung einer Muffe $m$, welche einerseits mit dem Kegelrade sich drehend in demselben axial verschiebbar ist, andererseits dadurch auf die Regulatorachse drehend wirkt, dass sie (die Muffe) als **Mutter** auf den stark steigenden **Schraubengewinden** sitzt, und durch die Feder $f$ oder ein Gewicht — vorläufig eine gleichförmige Bewegung der Transmission vorausgesetzt — in irgend einer Höhenlage gehalten wird. Die letztere hängt ab von der Spannung der Feder bei gegebenem Achsenreibungswiderstande. Schwankungen im Betriebe, welchen der Regulator der Trägheit seiner kreisenden Massen wegen augenblicklich nicht folgen kann, äussern sich durch ein Auf- und Absteigen der Muffe $m$.

Diese dem Regulator einen ruhigen Gang verleihende Einrichtung nenne ich den „Ausgleicher".

Die **gewöhnliche Betriebsweise** des Regulators **ohne** Ausgleicher ist in Fig. 4 mit Durchschnitt und Grundriss dargestellt, welche Zeichnung auch noch die Gelegenheit darbietet, die leichte Einbringung der Triebachse $t$ mitsammt dem Getriebe zu zeigen.

# Vermischtes.

## Ueber eine Gasfeuerung und den Orsat'schen Apparat.

Von A. Hartmann.

(Vorgetragen in der Versammlung des Württembergischen Bezirksvereines vom 31. Mai 1878.)

(Hierzu Fig. 2 bis 5, Blatt 3.)

Vor etwa 1½ Jahren hatte ich die Aufgabe, eine Dampfkesselfeuerung zu construiren, in welcher sich vortheilhaft kleine Torfabfälle verbrennen liessen. Bei meinem Nachsuchen in der einschlägigen Literatur fand ich in dem sehr eingehenden Buch von Hausding „Industrielle Torfgewinnung und Torfverwerthung" die Gasfeuerungsanlagen sehr empfohlen, mit welchen gegenüber gewöhnlichen Rostfeuerungen bis zu 30 pCt. Brennmaterial gespart werden können. Nach den von Hausding angegebenen Notizen und Zeichnungen war ich nun eben daran, eine für meine Verhältnisse passende Feuerung zu entwerfen, als ich auf eine kurz vorher in Altshausen in Betrieb gekommene Gasfeuerung aufmerksam gemacht wurde. Nach bereitwillig ertheilter Erlaubniss besichtigte ich diese sehr interessante Kesselanlage (drei Röhrenkessel mit Gasfeuerung), mit welcher gegen die alte Anlage eine beträchtliche Kohlenersparniss erreicht sein soll.

Dieses günstige Resultat bestärkte mich in meiner Absicht, auch für meine gänzlich verschiedenen Verhältnisse Gasfeuerung zu versuchen; bevor ich jedoch daran gehe, die von mir ausgeführte Construction zu erläutern, möchte ich für solche, die mit dem Gegenstande nicht näher vertraut sind, noch kurz den sonstigen Stand der Gasfeuerung bei Dampfkesselanlagen berühren. Ueber dieses Thema wurde auch auf der letzten Verbandsversammlung der Dampfkesselrevisions-Vereine verhandelt, und erwähnte der Referent, dass schon seit Jahren der Wunsch vorhanden sei, eine bessere Verwerthung des Brennmaterials bei Dampfkesselfeuerungen zu erreichen als die jetzige Methode der directen Verbrennung des Materials unter den Heizflächen der Kessel, mit welcher selbst bei guten Feuerungen nur etwa 50 pCt. des Heizwerthes des Materials verwerthet werden, während das Uebrige durch unvollkommene Verbrennung, Ausstrahlung, Absorption des Kesselgemäuers, durch den Schornstein u. s. w. verloren geht. Nach den sehr guten Resultaten, welche in der Eisenindustrie, bei Glasöfen u. s. w. mit Gasfeuerung erzielt wurden, lag es nahe, einen ähnlichen Weg auch für Dampfkessel zu versuchen. Von den in der Folge entstandenen Constructionen hat besonders eine von Müller & Fichet in Ivry (Fig. 2 und 3, Blatt 3) eine gewisse Berühmtheit erlangt, indem es diesen nach langjährigen Versuchen gelungen ist, eine haltbare Gasfeuerung herzustellen und damit eine Kohlenersparniss von 32 pCt. zu erzielen. Ihre Feuerung besteht aus einem vor dem Kessel liegenden Generator mit darüber liegendem Fülltrichter in der Sohle des Kohlenhauses. Die Generatorgase steigen in die Höhe, breiten sich unter einem Rost aus dünnen Schamottstäben aus, mischen sich daselbst mit der vorgewärmten Luft, welche durch viele kleine Oeffnungen zuströmt, und die hierdurch entstehende helle rauchfreie Verbrennungsluft umspült nun den Kessel in geeigneter Weise.

Ausser dieser Feuerung von Müller & Fichet wurden noch bekannt: eine Gasfeuerung nach Fichet in Oberschlesien, eine in der „Union" in Dortmund und eine bei Krupp in Essen.

Aus den Berichten über diese Feuerungen geht hervor, dass man stets Mühe gehabt hat, dieselben nach und nach so zu construiren, dass nicht eine abnorme Abnutzung von Gemäuer oder Kessel entstand. Bei allen aber wird eine wesentliche Ersparniss an Brennmaterial constatirt.

Sonst fand ich noch in Hausding's Buch eine von ihm sehr empfohlene Halbgasfeuerung von H. Pütsch, welche sich durch Einfachheit und Billigkeit der Anlage vor den bisher erwähnten auszeichnet.

Alle die bisher erwähnten Gasfeuerungen (auch die in Altshausen) sind nur für continuirlichen Betrieb und gleichmässigen Dampfverbrauch angewendet, während ich an den Feuerungen, mit welchen ich speciell zu thun habe, unterbrochenen Betrieb habe, und da die Dampfkraft mit Wasserkraft verbunden ist, auch der Dampfverbrauch ziemlich stark variirt. Trotzdem also meine Verhältnisse für eine Gasfeuerung nicht recht passen wollten, machte ich doch einen Versuch und führte eine Feuerung aus, welche zwar anfangs noch manche Mängel, aber eine ganz bedeutende Kohlenersparniss zeigte, so dass ich nun nach und nach vier solcher Feuerungen angelegt und dieselben durch verschiedene Abänderungen in einen Zustand gebracht habe, dass sie keine grösseren Unterhaltungskosten mehr erfordern. Diese Feuerung besteht, wie Fig. 4 und 5 zeigen, aus einem unter 50° gegen den Horizont geneigten Rost, welcher aus einer grösseren Anzahl jalousieladenartig über einander gelegter Rostplättchen gebildet wird. Am unteren Ende dieses schrägen Rostes schliesst ein kurzer Planrost an, an dessen hinterem Ende die Feuerbrücke steil aufwärts steigt. Die Kohlen werden oben durch verschliessbare Füllöffnungen eingeworfen und bedecken den schrägen Rost stets in einer Höhe von mindestens 15 bis 20$^{cm}$, während auf dem Planrost die Höhe der Kohlenschicht etwa 25 bis 40$^{cm}$ beträgt, je nach der Art des Brennmaterials und des Betriebes.

Ueber dem Roste liegen zwei parallele Gewölbe, welche zwischen sich einen geschlossenen Hohlraum von etwa 15$^{cm}$ Höhe lassen, in den die atmosphärische Luft durch zwei Seitenzüge eingeführt wird. Das untere Gewölbe, welches also direct über dem Feuer liegt, besteht aus feuerfesten Gewölbsteinen, deren jeder drei Löcher von etwa 7$^{mm}$ Durchm. hat. Durch diese grosse Menge kleiner Löcher tritt die angewärmte Luft zu den Gasen, welche sich aus der verhältnissmässig hohen Kohlenschicht entwickelt haben, und nun geht die eigentliche Verbrennung mit einer hellen rauchfreien Flamme vor sich.

Die Vortheile dieser Gasfeuerung oder genauer gesagt Halbgasfeuerung sind folgende:

a) Gegenüber gewöhnlichen Planrostfeuerungen.

1) Da durch den schrägen Jalousierost nichts durchfallen kann, so lassen sich auch die kleinsten Kohlen- oder Torfabfälle ohne Verlust darauf verbrennen.

2) Da, wie nachher noch gezeigt werden soll, nur sehr wenig überschüssige Luft zugeführt wird, so entsteht eine sehr hohe Verbrennungstemperatur und Rauch und Russ können bei normalem Betrieb fast ganz vermieden werden.

3) Für die geringere Menge von Rauchgasen genügen natürlich entsprechend kleinere Querschnitte der Schornsteine; oder solche Kamine, welche bei bestehenden Planrostfeuerungen nicht genügten, werden bei Gasfeuerung in den meisten Fällen noch ausreichen.

4) Bei vergleichenden Versuchen, indem mehrere Tage die Dampfmaschine nur mit dem Kessel mit alter Feuerung, dann einige Tage mit demjenigen mit der neuen Feuerung betrieben wurde, zeigt sich eine Kohlenersparniss von 20 bis 25 pCt., welches günstige Resultat auch durch die Rechnung bestätigt wird.

b) Gegenüber anderen Gasfeuerungen.

5) Erfordert die Anlage sehr wenig Raum und geringe Tiefe, was bei Umänderung bestehender Anlagen häufig sehr in Betracht kommt.

6) Als Halbgasfeuerung mit mässig hoher Kohlenschicht auf dem schrägen Roste, gegenüber den eigentlichen Generatoren, lässt sich die Feuerung leicht forciren.

7) Da das im Feuer liegende Gemäuer keine grosse Ausdehnung hat, so lässt sich der Betrieb leichter unterbrechen als bei reinen Gasfeuerungen, wo, abgesehen von der im Generator befindlichen grossen Kohlenmenge, schon das viele heisse Mauerwerk in der Zeit der Unterbrechung noch lange seine aufgespeicherte Wärme abgiebt.

8) Durch die sehr vielen kleinen Löcher in dem Feuergewölbe wird einestheils eine sehr gleichmässige Luftzuführung, anderentheils aber der grosse Vortheil erreicht, dass das Gewölbe, welches sonst am meisten dem Abschmelzen ausgesetzt war, nun verhältnissmässig kühl gehalten wird und lange Zeit aushält.

9) Die Feuerungsanlage ist ausserordentlich einfach und lässt sich ohne erhebliche Kosten an den meisten bestehenden Dampfkesseln anbringen.

Da ich genaue Verdampfungsversuche nur durch sehr umständliche Einrichtungen hätte vornehmen lassen können, so griff ich, um über den Hauptpunkt, die Verbrennung in der neuen Feuerung, ins Klare zu kommen, zu dem Orsat'schen Apparat. Auf meinen Antrag schaffte die königl. Centralstelle in Stuttgart mit dankenswerthester Bereitwilligkeit einen solchen Apparat an und stellte mir denselben für längere Zeit zur Verfügung.

Die Construction des Apparates, der auch in Bd. XX, S. 282 d. Z. beschrieben ist, darf ich als bekannt voraussetzen; man kann mit demselben in kurzer Zeit (10 bis 15 Minuten) sich über den Gehalt eines Rauchgasgemenges an den drei Hauptgasen $CO_2$, O, CO aufklären und demnach seine Schlüsse ziehen.

Ehe ich jedoch auf die von mir gefundenen Resultate eingehe, habe ich zu besserem Vergleich noch eine in Dingler's „Polytechn. Journ." 1876 erschienene Arbeit von Ad. Weinhold zu erwähnen: „Ueber die Untersuchung des Nutzeffectes von Kesselfeuerungen mit Hilfe des Winkler'schen Gasanalysen-Apparates." Weinhold untersuchte mit diesem Apparat, welcher ähnlich wie der Orsat'sche die Analysirung nach den drei Gasen $CO_2$, O, CO bezweckt, eine grössere Anzahl Dampfkesselfeuerungen in Chemnitz, im Ganzen 61 Versuche, welche er in einer Tabelle zusammenstellt. Anstatt der Zahlen für diese drei Gase hat Weinbold dieselben in zwei Coefficienten umgerechnet, welche ich der bequemeren Vergleichung halber ebenfalls angenommen habe. Er nennt $n$ den Ueberschusscoefficienten d. h. wie viel mal so gross die dem Feuer zugeführte Luftmenge ist als diejenige, deren Sauerstoffgehalt wirklich zur Oxydation des Brennmaterials verbraucht wird.

Bekanntlich ist

$$n = \frac{21}{21 - \frac{79 O}{N}},$$

da die atmosphärische Luft 21 O und 79 N enthält; die zwei Werthe O und N finden wir aus der Analyse.

Ferner nennt Weinhold $u$ den Unvollkommenheitscoefficienten oder das Verhältniss des nur zu CO verbrannten Kohlenstoffs zum Gesammtkohlenstoff

$$u = \frac{CO}{CO_2 + CO}.$$

Weinbold fand nun im Durchschnitt seiner 61 Versuche $n = 2{,}27$ oder mit Ausschluss von 7 abnorm schlechten Analysen $n = 2$, was mit der allgemeinen Annahme, dass bei gewöhnlichen Feuerungen der Brennstoff mit der doppelten Luftmenge verbrannt wird, stimmt.

Die Werthe von $n$ schwanken von 6,5 bis herunter zu 1,16, dieses abnorm günstige Resultat bei gleichzeitig niedrigem $u = 0{,}060$ fand Weinhold an einem Kessel mit mechanischer Heizvorrichtung, mit welcher zerkleinerte Kohlen in gleichmässig 5$^{cm}$ hoher Schicht auf dem Planrost vertheilt werden. So lange die Kohlenschicht richtig gleichmässig dick ist, wird der obige ausgezeichnete Erfolg $n = 1{,}16$ erzielt; bei einer zweiten Analyse, welche Weinhold bei nur etwas abgebrannter Kohlenschicht vornahm, war das Verhältniss gleich viel ungünstiger: $n = 1{,}38$. Auf Grund seiner Analysen empfiehlt Weinhold schliesslich diesen mechanischen Heizapparat. Sehen wir nun, wie meine Analysen sich zu den Weinhold'schen Zahlen verhalten: bei wiederholten Versuchen an zwei gewöhnlichen Planrostfeuerungen fand ich die Durchschnittszahl $n = 2$ bestätigt. (Eine beabsichtigte ausgedehntere Untersuchung an verschiedenen Kesselfeuerungen musste leider unterbleiben, da die an dem Orsat'schen Apparat ursprünglich angebrachten Hähne aus weicher Bleilegirung sehr bald undicht wurden und die Beschaffung eines solideren Ersatzes aus Bronze längere Zeit in Anspruch nahm.) An einer Gasfeuerung fand ich als Mittel einer grossen Anzahl von Versuchen $n = 1{,}30$ und bei bestem Zustande des Feuers $n = 1{,}12$, also noch etwas niedriger als die einzige beste Zahl von Weinhold. Dabei waren stets keine oder nur ganz unbedeutende Mengen von Kohlenoxyd vorhanden.

Als Beispiel der vielseitigen nützlichen Anwendbarkeit des Orsat'schen Apparates führe ich noch einen mir kürzlich vorgekommenen Fall an.

Ein Bekannter von mir im Schwarzwald hatte eine der meinigen ähnliche Gasfeuerung eingerichtet, ohne damit eine Verminderung des Kohlenverbrauches zu erzielen. Nach brieflichen Mittheilungen konnte an der Feuerung selbst und deren Bedienung kein wesentlicher Fehler sein, so dass ich mich entschloss, mit dem Orsat hinzureisen, um das ungenügende Resultat aufzuklären. Die Analyse zeigte nun eine 3½ bis 4fache Luftmenge, welche auch bei ganz geschlossenen Luftcanälen kaum verringert wurde. Es musste somit nothwendig atmosphärische Luft irgendwo in die Kesselzüge eindringen, und in der That fanden wir bei gründlichem Nachsuchen mit einem offenen Licht in dem weder ausgefugten noch verputzten Kesselgemäuer eine grosse Menge undichter Fugen, durch welche die kalte Luft einströmte, so dass dadurch der schlechte Nutzeffect völlig erklärt war.

Nach meinen Erfahrungen mit dem Orsat'schen Apparate habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dass derselbe, ähnlich wie für die Dampfmaschine der Indicator, so zur Beurtheilung und Correction der Feuerungen ein sehr werthvolles und bequemes Instrument ist, welches sich mehr und mehr in technischen Kreisen einbürgern wird. Hinsichtlich der Gasfeuerung schliesse ich mich der mehrfach ausgesprochenen Ansicht an, dass wir in dieser Richtung die Dampfkesselfeuerung der Zukunft zu suchen haben werden.

---

## Expansions-Schiebersteuerung für Dampfmaschinen.

Von W. Theis in Palermo.

(Hierzu Fig. 1 bis 3, Taf. IX.)

Bei der in Fig. 1 bis 3, Taf. IX, in Seitenansicht, Grundriss und Querschnitt dargestellten Steuerung wird die frühere oder spätere Absperrung des Dampfes durch Veränderung des Weges des Expansionsschiebers bewerkstelligt. Grundschieber wie Expansionsschieber sind getheilt und greift die Stange des letzteren an eine um ihren obersten Punkt schwingende Coulisse an, welche ihrerseits durch die Stange des Expansionsexcentrik bewegt wird, die an der Mitte der Coulisse befestigt ist. Die Stange des Expansionsschiebers hängt, wie aus Fig. 1 zu ersehen, mit der Hülse des Regulators zusammen und wird durch diese höher oder tiefer in der Coulisse eingestellt, so dass der Expansionsschieber bei gleichem Ausschlag der Coulisse entsprechend einen längeren oder kürzeren Weg macht.

Einer Maschine mit dieser Steuerung wurde auf der maritimen Ausstellung in Neapel 1871 die goldene Medaille zuerkannt.

---

## Ventilsteuerung für Dampfmaschinen.

Von W. Theis in Palermo.

(Hierzu Fig. 4 bis 6, Taf. IX.)

Die Steuerung, welche die Fig. 4 bis 6, Taf. IX, in verschiedenen Ansichten und Schnitten zeigen, wird von mir seit einer Reihe von Jahren für Maschinen unter 20 Pferdest. mit gutem Erfolge angewendet.

Die mit je einer Kolbenfeder verbundenen Einlass- und Auslassventile. von denen, wie üblich, die ersteren über, die letzteren unter dem Cylinder liegen, erhalten ihre Bewegung zum Oeffnen von der Regulatorspindel aus, welche durch die Welle $a$ mittelst conischer Räder angetrieben wird. Für die Bewegung der Einlassventile ist an der Regulatorhülse der unrunde Conus $b$ angehängt, welcher je nach Stellung der ersteren die Rolle des Balanciers $c$ früher oder später von dem Anlauf des Conus abschnappen lässt und dadurch ein entsprechend beschleunigtes oder verzögertes Schliessen des Ventils herbeiführt, welches durch das Auflaufen der genannten Rolle mittelst der Hebel $d$, $e$ und $f$ geöffnet wurde.

Die Auslassventile werden einfach durch die gleichfalls auf der Regulatorspindel sitzende unrunde Scheibe $g$ und durch Vermittelung der Hebel $h$ und $i$ geöffnet und geschlossen.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# ZEITSCHRIFT

DES

# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

**1879. Band XXIII. Heft 5. Maiheft.**

## Abhandlungen.

### Das Brennen von Ziegeln im Ringofen.

Von Dr. **Ferd. Fischer.**

(Vorgetragen in den Sitzungen des Hannoverschen Bezirksvereines am 15. und 22. März 1878.)

(Schluss von Seite 9.)

Im vorigen Sommer hatte ich Gelegenheit, an zwei sogenannten Ringöfen entsprechende Versuche anstellen zu können. Die Temperaturen unter 300° wurden mittelst drei Quecksilberthermometer bestimmt. Dieselben sind 75$^{cm}$ lang, der Nullpunkt befindet sich 40$^{cm}$ über dem Quecksilbergefäss. Diese wurden an Drahtschlingen in die Schürlöcher hinabgelassen, dann wurden die Schürdeckel aufgesetzt, um das Eindringen kalter Luft zu verhüten, bis die angegebenen Temperaturen bei zwei auf einander folgenden Beobachtungen übereinstimmten. Höhere Temperaturen wurden mit dem Siemens'schen elektrischen Pyrometer bestimmt. Um den Conus und den oberen Theil desselben vor Ueberhitzung zu schützen und um das Eindringen kalter Luft zu verhüten, wurde eine aus starkem Eisenblech hergestellte Hülse, wie Fig. 1 zeigt, so über das Pyrometer geschoben, dass nur der untere Theil *a*, der die Platinspirale enthält, frei blieb; der Zwischenraum zwischen Hülse und Pyrometerstange wurde mit langfaserigem Asbest gefüllt. Der so hergestellte Apparat wurde nun

Fig. 1




Fig. 2

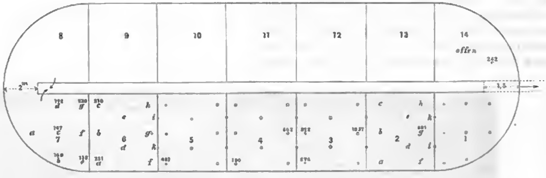
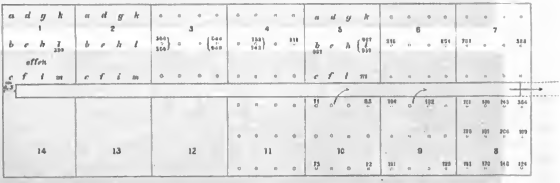



Fig. 3



in die Schürlöcher hinunter gelassen, so dass der Theil *a* etwa 0,3ᵐ in den Ofencanal hineinragte. Die abgelesene Temperatur wurde erst dann als richtig angenommen, wenn zwei auf einander folgende Bestimmungen keinen grösseren Unterschied als 5 bis höchstens 15⁰ ergaben.

Das Schema Fig. 2 zeigt die Resultate der am 25. Juli 1877 an einem Ziegelofen hinter Stöcken ausgeführten Versuche. Die Dauer eines Brandes beträgt für die 14 Kammern nur 7 bis 8 Tage, das Feuer schreitet demnach rasch vor. Während des Versuches waren die Schürlöcher der 14. Kammer zur rascheren Abkühlung geöffnet, Kammer 3 war im Vollfeuer und aus 7 und 8 wurden die Gase abgesaugt. Die höchste Temperatur betrug hier also 1057⁰, während die Gase mit 108 und 172⁰ entwichen. J. Bührer giebt für einen verkürzten continuirlichen Ziegelofen 1200⁰ an; diese Temperatur scheint jedoch nicht wirklich beobachtet, sondern nur angenommen zu sein.

Die Skizze Fig. 3 zeigt die Resultate der am 29. September 1877 an einem anderen Ziegelofen am Lindener Berge ausgeführten Versuche. Die Kammern sind hier wie bei Bührer und Hamel sämmtlich viereckig, die Verbindungen zwischen der 7. und 8., 14. und 1. Kammer nur 0,5ᵐ breit. Das Feuer schreitet hier langsamer vor, da die Dauer eines Brandes 14 Tage beträgt. Während der Versuche waren die Schürlöcher der 1. Kammer offen, gefeuert wurde von der letzten Hälfte der 4. Kammer bis zur ersten Hälfte der 7. Kammer, während die Gase aus Kammer 9 und 10 in den Schornstein abgesaugt wurden. Die höchste Temperatur betrug hier nur 968⁰, also fast 100⁰ weniger als bei dem vorigen Ofen; die Wärme der abziehenden Gase wurde sehr gut ausgenutzt, da die Temperatur derselben selbst bis 80⁰ heruntergeht. Bemerkenswerth ist auch die Vertheilung der Temperatur in der 8. Kammer; die Gase werden durch den engen Schlitz zwischen 7 und 8 zusammengeschnürt und beschreiben infolge dessen einen grossen Bogen bis zu der Oeffnung, aus der sie entweichen.

Das Diagramm Fig. 4 zeigt schliesslich den Gang des Brennprocesses im ersten, Fig. 5 den im zweiten Ofen.

Die in beiden Oefen gebrannten Thone gehören, wie die eingelagerten Belemniten und Ammoniten zeigen, der Kreideformation, und zwar der Thon bei Stöcken dem Gault, der am Lindener Berge dem Hils an. Die bei 120⁰ getrockneten Thone hatten folgende Zusammensetzung:

| Bestandtheile | Stöcken | | Lindener Berg | |
|---|---|---|---|---|
| | Gesammt | Unlöslich in $H_2SO_4$ | Gesammt | Unlöslich in $H_2SO_4$ |
| Kieselsäure ($SiO_2$) | 54,01 | 18,81 | 59,91 | 37,17 |
| Thonerde ($Al_2O_3$) | 27,98 | 0,68 | 17,96 | 1,79 |
| Eisenoxyd ($Fe_2O_3$) | 2,10 | Spur | 1,09 | Spur |
| Kalk (CaO) | 2,85 | — | 8,21 | Spur |
| Magnesia (MgO) | 0,65 | — | 0,41 | — |
| Alkalien | 0,68 | — | 0,41 | — |
| Kohlensäure ($CO_2$) | 1,94 | — | 6,02 | — |
| Schwefelsäure ($SO_3$) | 0,56 | — | 0,46 | — |
| Wasser | 9,03 | — | 5,64 | — |
| | 99,80 | 19,69 | 100,11 | 39,20 |

Berechnet man nach dem Vorschlage von Seger den in Schwefelsäure löslichen Theil als Thonsubstanz, bei dem unlöslichen Theile aber für je 1 Th. Thonerde 3,51 Th. Kieselsäure als den feldspathartigen Mineraltrümmern entstammend, so ergiebt sich folgende Zusammensetzung:

| Bestandtheile | | Stöcken | Lindener Berg |
|---|---|---|---|
| Quarz | | 16,42 | 30,90 |
| Feldspathartige Mineraltrümmer | | 3,27 | 8,40 |
| Thonsubstanz | | 80,31 | 60,70 |
| Thonsubstanz | Kieselsäure | 43,83 | 37,21 |
| | Thonerde | 33,99 | 26,46 |
| | Eisenoxyd | 2,61 | 1,77 |
| | Kalk | 3,55 | 13,43 |
| | Magnesia | 0,80 | 0,67 |
| | Alkalien | 0,84 | 0,67 |
| | Kohlensäure | 2,42 | 9,83 |
| | Schwefelsäure | 0,70 | 0,73 |
| | Wasser | 11,26 | 9,23 |

Fig. 4

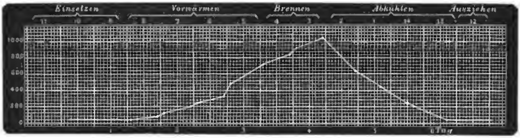
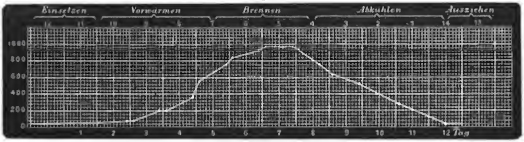



Fig. 5



Da das kohlensaure und schwefelsaure Calcium doch wol nicht zu der eigentlichen Thonsubstanz gehören, da ferner das kohlensaure Calcium einen unverkennbaren Einfluss auf den Brennprocess ausübt, so sind diese besonders aufzuführen. Es ergiebt sich dann für beide Thone folgende Zusammensetzung:

| Bestandtheile | | Stöcken | Lindener Berg |
|---|---|---|---|
| Quarz | | 16,42 | 30,90 |
| Feldspathartige Mineraltrümmer | | 3,27 | 8,40 |
| Kohlensaures Calcium | | 4,45 | 14,10 |
| Schwefelsaures Calcium | | 0,95 | 0,82 |
| Thonsubstanz | | 74,91 | 46,78 |
| Thonsubstanz | Kieselsäure | 46,96 | 48,83 |
| | Thonerde | 36,42 | 34,81 |
| | Eisenoxyd | 2,80 | 2,37 |
| | Magnesia | 0,87 | 0,89 |
| | Alkalien | 0,91 | 0,89 |
| | Wasser | 12,04 | 12,21 |

In der Thonsubstanz des ersten Thones kommen demnach 2,22 $SiO_2$ auf 1 Mol. $Al_2O_3$, in der des zweiten sogar 2,41; beide sind somit kieselsäurereicher als die Thonsubstanz der Kaoline, entsprechen dagegen den von Seger untersuchten Ziegelthonen. Der erste Thon ist sehr fest und erfordert besonders starke Maschinen, erträgt dafür aber auch ein rasches Brennen. Der zweite Thon erfordert beim Brennen ein langsameres Ansteigen der Temperatur; in gleicher Weise wie der erste gebrannt, giebt er ungemein viel Bruch, wol infolge seines wesentlich höheren Gehaltes an Kalk und Quarz.

Obgleich die Temperatur nicht bis zur eigentlichen Sinterung gesteigert wird, die pyrometrische Stellung der Thone daher von geringerem Werthe ist, so zeigt doch das Verhalten des Thones und der dem Ofen entnommenen Steine gegen Wasser und 2 proc. Salzsäure, dass das Eisenoxyd vollständig, der Kalk aber wenigstens grösstentheils durch den Brennprocess unlöslich geworden sind; das durch Austreiben der Kohlensäure gebildete Calciumoxyd hatte demnach bereits mit der Kieselsäure und der Thonerde Verbindungen gebildet, die in verdünnter Salzsäure nur noch theilweise löslich waren. 100 Th. Thon vor (I) und nach dem Brennen (II) gaben an die genannten Lösungsmittel ab:

| | | Stöcken | | Lindener Berg | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | I | II |
| Wasser | | 1,42 | 0,41 | 1,49 | 0,31 |
| Salzsäure | Thonerde ($SiO_2$-haltig) | 2,12 | 1,23 | 2,38 | 3,08 |
| | Eisenoxyd | 0,32 | 0 | 0,20 | 0 |
| | Kalk | 2,76 | 1,10 | 8,19 | 1,14 |
| | Schwefelsäure | 0,56 | 0,45 | 0,48 | 0,48 |
| | Unlöslich | — | 96,90 | — | 95,16 |
| | | | 99,68 | | 99,86 |

Ein wesentlicher Gehalt des Ziegelthones an kohlensaurem Kalk in Stücken oder groben Körnern ist bekanntlich sehr schädlich; an fein vertheiltem Kalk soll derselbe nach Sauerwein nicht mehr als 25 pCt. betragen. Nach H. Seger werden aber selbst Thone mit 30 pCt. kohlensaurem Kalk verwendet; doch zeigen diese stark kalkhaltigen Thone, namentlich nach schwachem Brande, eine grosse Neigung zum Verwittern. Hieraus erklärt sich auch, weshalb für Dachziegel die rothbrennenden, von kohlensaurem Kalk freien oder doch daran sehr armen Thone vorzugsweise Verwendung finden, während die kalkreichen, meist gelbbrennenden Thone sich hierzu gewöhnlich als völlig untauglich erweisen. Zwar haben kalkreiche Thone die schätzenswerthe Eigenschaft, dass sie sich leichter verarbeiten lassen; da sie aber im Feuer nicht nur Wasser, sondern auch Kohlensäure verlieren, so geben sie bei geringer Schwindung einen porösen Stein, aus dem aber nur schwierig Klinker herzustellen sind. Die Thone stehen eben nicht im Feuer, d. h. die Temperatur, bei welcher eine Erweichung, ein Schliessen der Poren und Bildung einer porzellanartigen, dichten Masse entsteht, und diejenige, bei welcher eine völlige Verflüssigung zu einer Schlacke erfolgt, liegen nahe bei einander, so dass im Allgemeinen eine grössere Uebung als bei anderen weniger schnell erweichenden Ziegeln dazu gehört, um Schmolz zu vermeiden, und gerade, vollkantige Klinker zu erzeugen. Dieser Umstand erschwert sehr die Fabrikation wetterfesten Ziegelmaterials aus kalkreichen Thonen; man ist deswegen vielfach gezwungen, um richtige Formate einhalten zu können, bei Temperaturen stehen zu bleiben, welche den Steinen zwar die charakteristische gelbe Farbe ertheilen, wodurch die Versinterung des Kalkgehaltes mit den übrigen Bestandtheilen angezeigt wird, denselben aber noch ihren erdigen, stark wassersaugenden Bruch zu lassen. Derartige Fabrikate, vielfach fälschlich „Verblendklinker“ genannt, bilden die Hauptmenge des in Norddeutschland zur Façadenverblendung benutzten hellfarbigen Ziegelmaterials, wiewol die grosse Porosität desselben es gerade für diesen Zweck sehr wenig geeignet macht. Soll aus solchen Thonen ein wirklich wetterfester Stein hergestellt werden, so darf nach Seger der Gehalt an kohlensaurem Kalk 10 bis 15 pCt. nicht wohl überschreiten.

Wichtig ist oft die Eigenschaft des Calciumcarbonates, den gewöhnlichen Ziegelthon gelb oder gelbgrün zu färben. Während sich die reine Thonsubstanz weiss brennt, wird sie durch Eisenoxyd ziegelroth gefärbt, und zwar um so dunkler, je höher die angewendete Temperatur ist, wie dies schon Remelé gezeigt hat. Wird die Hitze noch weiter gesteigert, so wird die Färbung grünlich, schliesslich schwarz, nach Remelé durch theilweise Bildung von Oxydul. Enthält der eisenhaltige Thon aber zugleich kohlensaures Calcium, so wird er bei schwachem Brande ebenfalls roth, bei beginnender Sinterung aber fleischroth, weisslich bis dunkelgelb, durch Bildung eines gelblichen basischen Silicates von Kalk und Eisenoxyd; bei vollständiger Verglasung tritt auch hier grüne bis schwarze Färbung ein. Nach Versuchen von Seger entsteht diese Gelbfärbung in deutlicher Weise noch, wenn der Thon auf je 1 pCt. darin enthaltenes Eisenoxyd wenigstens 3 bis 3,5 pCt.

kohlensauren Kalk enthält. Die Gelbfärbung tritt bei um so niedrigerer Brenntemperatur ein und ist um so heller, je mehr der Gehalt an kohlensaurem Kalk dieses Minimum übersteigt, entsteht erst bei um so höherer Temperatur und ist um so dunkler, ins Gelbrothe oder Gelbbraune fallend, je mehr sich derselbe dem angegebenen Verhältnisse nähert. Ist der Kalkgehalt ein geringerer, so vermag er zwar die rothe Färbung des Thones abzuändern, es gelingt jedoch nicht, reine gelbe Färbung aus dem Brande hervorgehen zu lassen, und es entstehen die unentschiedenen, wenig beliebten Zwischenfarben, welche die meisten ordinären Ziegelfabrikate zeigen, und welche für die Zwecke des Rohbaues ganz unbrauchbar sind. Dem entsprechend sind denn auch die Ziegel aus Stöcken hell ziegelroth, die vom Lindener Berge an der Oberfläche fast weiss, auf dem Bruche hellroth.

Nicht selten zeigen Ziegelsteine nach einiger Zeit weissliche, gelbe, grüne, selbst schwarze Ausschläge. Nach mehrfachen Untersuchungen von Seger bestehen die weissen Anflüge, namentlich bei schwachem Brande, aus den Sulfaten von Magnesium, Calcium und Natrium, aus Chlornatrium oder Natriumbicarbonat, welche schon im Thon enthalten oder auch durch das Wasser, den angewendeten Kalkmörtel oder Cement zugeführt sind. Cohn fand in einem derartigen Thon 1,2 pCt. Gyps, Aron in einem rothen Stein, der einen dichten, weissen Anflug zeigte, 0,6 pCt. lösliche Salze, bestehend aus 14,80 pCt. Aetzkalk, 10,96 Gyps, 16,20 Bittersalz, 16,34 Kochsalz und 42,21 Glaubersalz.

Grüne Ausschläge auf hellfarbigen Steinen an feuchten Stellen bestehen meist aus Algenbildungen, oder sie sind bedingt durch einen Gehalt des Thones an Chrom. Verblendsteine aus Braunkohlenthon aus der Nähe von Wittenberg zeigten nach Seger theils über ganze Flächen sich ausdehnend, theils nur als Flecken, vornehmlich an Ecken und Kanten, nachdem sie einige Zeit den Einflüssen der Witterung ausgesetzt waren, sehr intensive goldgelbe, unter der Lupe als warzige Salzanhäufungen zu erkennende Ueberzüge, welche stellenweise in ein lebhaftes Gelbgrün bis Grasgrün übergingen. Einige derartig gefärbte Steine enthielten 0,16 pCt. in Wasser lösliche Salze, bestehend aus:

| | |
|---|---|
| Kali | 19,82 |
| Natron | 3,17 |
| Kalk | 3,24 |
| Magnesia | 3,34 |
| Thonerde und Eisenoxyd | 0,77 |
| Vanadinsäure | 29,43 |
| Molybdänsäure | 1,12 |
| Schwefelsäure | 15,70 |
| Kieselsäure | 2,07 |
| Chlor | 2,63 |
| Wasser | 18,25 |
| Unlösliches | 0,46 |
| | 100,00. |

Diese gefärbten Ausschläge bestanden somit im Wesentlichen aus vanadinsaurem Kalium, dessen gelbe Farbe durch Molybdänsäure theilweise in Grün und Blau verwandelt war. Reducirende Verbrennungsgase und hohe Temperaturen machen diese Vanadinverbindungen unlöslich und damit unschädlich.

Wie R. Biedermann berichtet, ist ein Theil des Mauerwerkes der Synagoge in Berlin mit schwarzen Flecken bedeckt. Die schwarze Masse besteht aus Pilzen, die sich nur da angesetzt haben, wo der Mauerstein Auswitterungen von kohlensaurem und schwefelsaurem Calcium zeigt. Die Flecke enthalten ferner Spuren von Coniferenholz, selbst geringe Reste menschlicher Epidermis.

Bei den hier in Rede stehenden beiden Ziegelsteinen sind diese Untugenden nicht bekannt, sie geben dem entsprechend an Wasser nur wenig Salze ab, vorwiegend Gyps; die Brenntemperatur ist auch in dieser Hinsicht hoch genug gewesen. —

Ausser der Zusammensetzung des Thones und der Brenntemperatur ist auch die Beschaffenheit der Rauchgase von Einfluss, namentlich auf die Farbe der Ziegel.

Seger hat bereits gezeigt, dass die dunkelrothe Färbung der Oberfläche gelber Steine durch die Aufnahme von Schwefelsäure bedingt wird, welche aus dem Schwefel des Brennmaterials entsteht. Bei hoher Temperatur und unter Einwirkung reducirender Gase wird die Schwefelsäure wieder ausgetrieben, und die normale Färbung wieder hergestellt. Diese Beobachtung wird von R. Biedermann und S. Gabriel bestätigt. Ein rothgeflammter gelber Ziegelstein zeigte im Inneren eine gleichmässige gelbe Farbe, war aber an denjenigen Stellen der Oberfläche, die dem Anschein nach hauptsächlich von den Feuergasen getroffen waren, dunkelroth gefärbt. Die Rothfärbung war bis zur Dicke von höchstens 2 bis 3$^{mm}$ in die Masse eingedrungen. Die Analyse des rothgefärbten und des gelben Theiles ergab folgende Resultate:

| | Rother Theil | Gelber Theil |
|---|---|---|
| Kieselsäure | 53,96 | 57,55 |
| Thonerde | 10,29 | 11,98 |
| Eisenoxyd | 6,25 | 10,05 |
| Magnesia | 1,76 | 1,51 |
| Kalk | 16,70 | 17,85 |
| Schwefelsäure | 11,10 | 0,88 |
| | 100,07 | 99,53. |

Einige Rothfärbungen scheinen von flüchtigen Eisenverbindungen herzurühren.

Zuweilen bilden sich durch Einwirkung der schwefligen Säure des Brennmaterials, die dann rasch in Schwefelsäure übergeht, auf die Ziegel wasserlösliche Sulfate von Magnesium, Calcium u. dgl., welche Veranlassung zu Ausblühungen geben, wenn sie nicht im weiteren Verlaufe des Brennprocesses durch hinreichende Hitze wieder zersetzt werden. Wie die Analyse zeigt, hatten die beiden hier untersuchten Ziegel nach dem

Brande sogar noch etwas weniger Schwefelsäure als der wasserfrei gedachte Thon; die während des Vorwärmens aufgenommene Schwefelsäure war demnach wieder ausgetrieben.*)

Der Einfluss der übrigen Bestandtheile der Verbrennungsgase auf die Färbung der Thone ist namentlich von Seger untersucht. Danach werden gelbbrennende, eisen- und kalkhaltige Thone bei vorherrschendem Gehalt der Feuergase an überschüssigem Sauerstoff bei Dunkelrothgluth schmutzigroth, dann fleischroth und bei starker Rothgluth gelb mit einem Stich ins Braune. Reducirende Gase (Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe, Kohlenoxyd) bewirken Schwärzung, welche bei Luftzutritt wieder in die für das Glühen in der Luft charakteristischen Farben zurückkehrt. Nach einer vorhergegangenen Reduction sind die durch die Wirkung von Sauerstoff wieder hervortretenden Farben jedoch heller, ins Weissliche oder Gelbgrüne gehend, als ohne eine solche. Eine zeitweilig reducirende Flamme im Ofen trägt demnach wesentlich dazu bei, die helle Farbe der kalkhaltigen Thone zu entwickeln.

Kalkfreie, eisenhaltige Thone brennen sich bei überschüssigem Sauerstoff rein roth und zwar um so stärker, je höher die Temperatur ist. Reducirende Gase führen diese rothe Farbe durch Reduction des Eisenoxyds in Eisenoxydul und metallisches Eisen in Sammetschwarz über. Werden diese schwarzen Steine an der Luft geglüht, so kehrt die rothe Farbe zurück, doch nicht so schön wie bei ausschliesslich oxydirender Flamme, so dass hier zur Entwickelung reiner Farben die Einwirkung reducirender Gase vermieden werden muss. Daher ist auch der Vorschlag von H. Dueberg, statt der atmosphärischen Luft, welche bei Ringöfen die abkühlenden Steine durchstreicht, Generatorgase hindurchzuleiten, auf die glühenden Steine also reducirende Gase einwirken zu lassen, unpraktisch.

Weiss- oder gelbbrennende, kalkfreie und eisenarme Thone erhalten durch reducirende Gase ebenfalls schwärzliche Färbung. Der Thon von Greppin zeigte sich unter der Einwirkung von reinem Wasserstoff nach dem Erhitzen bei dunkler Rothgluth hellaschgrau und hatte einen Gehalt von 1,69 pCt. Eisenoxyd und 1,01 pCt. Eisenoxydul; nach längerem Erhitzen bei heller Rothgluth war er dunkelaschgrau und enthielt 1,81 pCt. Eisenoxydul und 0,34 pCt. metallisches Eisen. Auch diese Graufärbung verschwindet unter Luftzutritt sehr schnell wieder, jedoch kommen nicht wieder die ursprünglichen Nüancen zum Vorschein wie bei dem Glühen des Thones an der Luft, sondern merklich verblasst. Das Fleischroth, welches die niedrigeren Temperaturen kennzeichnet, ist in weisslich Gelb verwandelt, während bei höherer Temperatur ein reines Gelb erscheint. Wie bei dem ersterwähnten Thone muss demnach auch hier eine zeitweilig reducirende Atmosphäre im Ofenraum zur Entwickelung der gewünschten gelben Farbe beitragen. Bei überschüssigem Sauerstoff weissbrennende, eisenarme Thone werden durch reducirende Gase hellgrau, durch Glühen bei Luftzutritt wieder weiss. —

Gleichzeitig mit den Temperaturbestimmungen wurden auch die Rauchgase der beiden Oefen untersucht. Dieselben wurden mittelst $1,5^{cm}$ weiter schmiedeeiserner Rohre abgesaugt, die in einer auf die Schürlöcher gut passenden Blechkapsel befestigt waren, und von denen das eine $0,3^{m}$ unter dem Gewölbe, das andere $0,3^{m}$ über dem Boden mündete. Die Gase wurden mit einem dem Orsat'schen ähnlichen Apparate untersucht.

Bei Anstellung der ersten Versuchsreihe am 24. Juli 1877 waren die Schürlöcher der Kammern 12 und theilweise 13 geöffnet, 2 stand im Vollfeuer und aus 6 und 7 wurden die Gase abgesaugt. Die Zusammensetzung der $0,3^{m}$ unter dem Gewölbe durch das kurze Rohr abgesaugten Gase ist mit *k*, die der Gase von der Ofensohle mit *l* bezeichnet. Am folgenden Tage war Kammer 14 offen, 3, dann 4 war im Vollfeuer, die Gase wurden aus 8 abgezogen. Bei Ausführung der Versuche an dem zweiten Ringofen waren die Schürlöcher der Kammer 1 offen, von 4 *g i* bis 7 *d f*, später bis *g i* wurde geheizt, die Gase wurden aus 9 und 10 abgesaugt (Fig. 4).

| Ofentheil | Zeit Uhr | Zeit Min. | $CO_2$ | CO | O | N | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ringofen bei Stöcken. 24. Juli 1877. | | | |
| 14 | 8 | 50 | 0,8 | 0 | 20,2 | 79,0 | Vom Boden |
| 5 *a* | 9 | 45 | 4,1 | 0 | 16,6 | 79,3 | *k* |
| | 10 | 0 | 7,5 | 0 | 12,9 | 79,6 | *l* |
| | | 10 | 4,4 | 0 | 16,4 | 79,2 | *k* |
| | 11 | 0 | 9,1 | 0 | 11,4 | 79,5 | *l* |
| | | 5 | 5,1 | 0 | 15,6 | 79,3 | *k* |
| | | 10 | 11,7 | 0 | 8,7 | 79,6 | *l* Bald nach dem Schüren |
| | | 18 | 6,0 | 0 | 14,6 | 79,4 | *k* |
| | | 28 | 11,1 | 0 | 9,3 | 79,6 | *l* Bald nach dem Schüren |
| | | 37 | 5,2 | 0 | 15,6 | 79,2 | *k* |
| | | 45 | 9,6 | 0 | 10,9 | 79,5 | *l* |
| 5 *c* | 12 | 0 | 5,8 | 0 | 15,8 | 79,4 | *k* |
| | | | | Ringofen bei Stöcken, 25. Juli 1877. | | | |
| 2 *i* | 1 | 50 | 1,1 | 0 | 19,9 | 79,0 | *k* |
| | | 57 | 1,3 | 0 | 19,6 | 79,1 | *l* |
| 7 *b* | | 15 | 3,0 | 0 | 17,9 | 79,1 | *k* |
| | | 30 | 7,8 | 0 | 12,9 | 79,3 | *l* |
| | | 36 | 3,4 | 0 | 17,6 | 79,0 | *k* |
| | | 42 | 7,7 | 0 | 12,6 | 79,7 | *l* |
| | | 48 | 3,4 | 0 | 17,3 | 79,3 | *k* |
| | 3 | 3 | 7,5 | 0 | 13,0 | 79,5 | *l* |
| 7 *d* | | 12 | 8,3 | 0 | 12,3 | 79,4 | *l* |
| | | 17 | 3,0 | 0 | 17,9 | 79,1 | *k* |
| | | 22 | 7,8 | 0 | 12,8 | 79,4 | *l* |
| | | 28 | 3,2 | 0 | 17,6 | 79,2 | *k* |
| | | 33 | 10,0 | 0 | 10,2 | 79,8 | *l* Gleich nach dem Schüren |
| | | 39 | 3,8 | 0 | 17,0 | 79,2 | *k* |

*) Obgleich demnach beide Oefen grosse Mengen $SO_2$ in die Luft lassen, der erste Ofen mit jährlich 6 bis 7 Millionen Steinen über $3000^{k}$, so zeigen doch die in unmittelbarer Nähe stehenden Bäume und Feldfrüchte nicht die Spur einer Zerstörung. Eine kleine Ziegelei bei Herrenhausen dagegen hat zwei gewöhnliche Oefen, die Rauchgase treten aus zwei Reihen Schornsteinen, die sich kaum über das Dach erheben, direct ins Freie und werden durch Westwinde über die $20^{m}$ entfernte Landstrasse geführt. Durch Einfluss des ziemlich stark nach schwefliger Säure riechenden Rauches sind bereits zwei Ebereschen und zwei Pappeln ganz abgestorben, zwei andere Pappeln zeigen in diesem Frühjahr nur vereinzelte Blätter.

| Ofentheil | Zeit Uhr | Zeit Min. | $CO_2$ | CO | O | N | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Ringofen bei Stöcken, 25. Juli 1877.** | | | | |
| 6 *i* | 3 | 50 | 4,8 | 0 | 15,9 | 79,3 | *k* |
| | | 57 | 11,8 | 0 | 8,4 | 79,8 | *l* |
| | 4 | 3 | 5,4 | 0 | 15,2 | 79,4 | *k* |
| | | 12 | 11,8 | 0 | 8,2 | 80,0 | *l* |
| | | 17 | 5,8 | 0 | 14,9 | 79,3 | *k* |
| | | 23 | 11,2 | 0 | 9,2 | 79,6 | *l* |
| | | 28 | 6,2 | 0 | 14,5 | 79,3 | *k* |
| 6 *k* | | 37 | 3,2 | 0 | 17,7 | 79,1 | *k* |
| | | 45 | 12,2 | 0 | 8,0 | 79,8 | *l* |
| | | 52 | 6,0 | 0 | 14,8 | 79,2 | *k* |
| | | 58 | 9,8 | 0 | 10,6 | 79,6 | *l* |
| | 5 | 5 | 4,8 | 0 | 16,1 | 79,1 | *k* |
| | | 15 | 14,2 | 0.5 | 5,8 | 79,5 | *l* Unmittelb. nach d. Schüren |
| | | 24 | 5,0 | 0 | 15,8 | 79,2 | *k* |
| | | 31 | 10,2 | 0 | 10,1 | 79,7 | *l* |
| | | 40 | 11,2 | 0 | 9,1 | 79,7 | *l* |
| | | | **Ringofen bei Linden, 29. September 1877.** | | | | |
| 9 *k* | 10 | 2 | 2,3 | 0 | 18,7 | 79,0 | *k* |
| | | 10 | 7,3 | 0 | 13,8 | 78,9 | *l* |
| | | 20 | 2,1 | 0 | 18,9 | 79,0 | *k* |
| | | 25 | 4.8 | 0 | 16,1 | 79,1 | *l* |
| | | 35 | 5,4 | 0 | 15,4 | 79,2 | *l* |
| | | 44 | 2,4 | 0 | 18,6 | 79,0 | *k* |
| | | 55 | 2,6 | 0 | 18,3 | 79.1 | *k* |
| | 11 | 1 | 7,0 | 0 | 13,8 | 79,2 | *l* Geschürt |
| 8 *a* | | 35 | 10.7 | 0 | 10,0 | 79,3 | *l* |
| | | 42 | 5,6 | 0 | 15,3 | 79,1 | *k* |
| | | 48 | 7,6 | 0 | 13,5 | 78,9 | *l* |
| | | 54 | 4,5 | 0 | 16,4 | 79,1 | *k* |
| | 12 | 0 | 7,6 | 0 | 13,2 | 79,2 | *l* |
| | | 6 | 5,5 | 0 | 15,5 | 79,0 | *k* |
| | | 12 | 7,0 | 0 | 13,9 | 79,1 | *l* |
| | | 17 | 7,9 | 0 | 13,2 | 78,9 | *k* Gleich nach dem Schüren |
| | | 24 | 8,2 | 0 | 12,7 | 79,1 | *l* |
| | | 30 | 4,7 | 0 | 16,2 | 79,1 | *k* |
| 8 *f* | | 39 | 4.3 | 0 | 16,7 | 79,0 | *k* |
| | | 45 | 18,4 | 0 | 2,2 | 79,4 | *l* Bald nach dem Schüren |
| | | 51 | 5,0 | 0 | 16,0 | 79,0 | *k* |
| | | 59 | 6,2 | 0 | 14,6 | 79,2 | *l* |
| | 1 | 5 | 9,4 | 0 | 11,5 | 79,1 | *l* Geschürt |
| | | 13 | 4,2 | 0 | 16,9 | 78,9 | *k* |
| | | 19 | 6,8 | 0 | 14,4 | 78,8 | *l* |
| 8 *c* | | 26 | 8,5 | 0 | 12.4 | 79,1 | *l* |
| | | 32 | 4,8 | 0 | 16,3 | 78,9 | *k* |
| | | 40 | 6,7 | 0 | 14,3 | 79,0 | *l* |
| | | 46 | 6,2 | 0 | 14,7 | 79,1 | *l* Geschürt |
| | | 52 | 10,6 | 0 | 10,2 | 79,2 | *l* |
| | 2 | 0 | 8.4 | 0 | 12,5 | 79,1 | *l* |
| 7 *h* | | 14 | 7,7 | 0 | 13,3 | 79,0 | *k* |
| | | 20 | 10,1 | 3,8 | 8,1 | 78,0 | *l* Unmittelbar nach starkem Schüren d. betreff. Oeffnung |
| | | 46 | 3,2 | 0 | 17,8 | 79,0 | *k* |
| | | 56 | 3,1 | 0 | 17,7 | 79,2 | *k* |

Zunächst ergiebt sich aus den Analysen, dass der Kohlensäuregehalt der vom Boden abgesaugten Gase wesentlich grösser ist als unter dem Gewölbe, sodann, dass Kohlenoxyd nur auftritt, wenn die Gase unmittelbar von den eingestreuten Kohlen entnommen werden. In der That sind die Bedingungen für eine vollständige Verbrennung ungemein günstig, da nicht nur die zu den Kohlen hinzutretende atmosphärische Luft stark vorgewärmt wird, sondern auch die Flammen durch heisse Steine hindurchstreichen, ehe sie zum Sammelcanal kommen. Da somit bei Ringöfen selbst vorübergehend kaum von reducireuder Feuerung die Rede sein kann, wodurch die durch schwefelhaltige Kohlen veranlassten Missfärbungen beseitigt würden, so sind im Allgemeinen im Ringofen reinfarbige Verblendsteine schwieriger herzustellen als in anderen Oefen.

Im ersten Ofen werden 1000 Ziegelsteine mit $180^k$ westfälischer Gruskohle (I) gebrannt, im zweiten wird Kohlengrus (II) von Rhein-Elbe verwendet. Die beiden Kohlen hatten folgende Zusammensetzung:

| | I | II |
|---|---|---|
| Wasser . . . . . . . | 3,07 | 2,89 |
| Flüchtige Stoffe . . . | 12,60 | 14,19 |
| Coks . . . . . . . . | 74,33 | 72,92 |

Die erste Kohle giebt einen fast sandigen, die zweite einen ziemlich festen Coks. Bei 120° getrocknet, hatten beide Kohlen folgende Zusammensetzung:

| | I | II |
|---|---|---|
| Kohlenstoff . . . . | 72,98 | 73,48 |
| Wasserstoff . . . . | 3,80 | 4,33 |
| Schwefel . . . . . | 1,40 | 1,39 |
| Sauerstoff (u. Stickstoff) | 11,53 | 14,00 |
| Asche . . . . . . . | 10,29 | 6,80. |

# Die Verdampfungsversuche des Magdeburger Vereines für Dampfkesselbetrieb im Jahre 1876.

Von **Hermann Peter.**

(Vorgetragen in der Sitzung des Thüringer Bezirksvereines vom 13. November 1878.)

(Schluss von Seite 165.)

Eine mir recht brauchbar scheinende Correctur der mit dem Orsat gefundenen Werthe giebt Dr. A. Schondorf, Leiter der chemischen Versuchsstation zu Grube Heinitz b. Saarbrücken, in seinen „Principien der Prüfung von Dampfkessel-Feuerungsanlagen". Dieselbe ist dort allerdings nur für die vollständige Verbrennung durchgeführt, wenn also aller C zu $CO_2$ verbrennt. Es ist aber jedenfalls statthaft, dieselbe auch auf jede Verbrennung auszudehnen, wenn man berücksichtigt, dass das aus 1 Gewichtsth. C entstehende Volumen gleich gross ist, gleichgiltig ob es zu $CO_2$ oder zu CO verbrennt.

Legen wir die Verbrennung der Anlage A zu Grunde, so haben wir mit Hilfe der chemischen Analyse den zur Verbrennung von $1^k$ Kohle nöthigen Sauerstoff $= (8h + {}^8/_3\, c_1 + {}^4/_3\, c_2 - o) = 0{,}87114^k$. Da $1^k$ O =

$0{,}6991^{cbm}$ ist, so sind das $0{,}87114 \,.\, 0{,}6991 = 0{,}609014^{cbm}$ O. Das Volumen der aus C gebildeten $CO_2$ und CO bei der Verbrennung ist $= 1{,}864\, C = 0{,}57566^{cbm}\, CO_2 + CO$. Demnach sind zur Erzeugung von 1 Volumtheil $CO_2+CO$ verbraucht an $O = \frac{0{,}609014}{0{,}57566} = 1{,}05794^{cbm}$ Sauerstoff.

Nach Orsat war für Anlage A:

$$\begin{aligned} CO_2+CO &= 7{,}5 = \alpha \\ O &= 10{,}6 = \beta \\ N &= 81{,}9 = \gamma \end{aligned}$$

Hiernach wird $\alpha \,.\, 1{,}05794$ der gesammte zur Verbrennung verwendete Sauerstoff sein.

In den Gasen befanden sich $\gamma$ pCt. Stickstoff, mit welchem $^{21}/_{79}\,\gamma$ Sauerstoff in den Ofen getreten sind. Da sich nun in den Gasen nur noch $\beta$ pCt. vom O vorfinden, so müssen $(^{21}/_{79}\,\gamma - \beta)$ pCt. an Sauerstoff verbraucht sein. Beide Ausdrücke müssen einander gleich sein, also:

$$1{,}05794\,\alpha = {}^{21}/_{79}\,\gamma - \beta$$

oder

$$1{,}05794\,\alpha + \beta - {}^{21}/_{79}\,\gamma = 0.$$

Dies ist aber stets nur mehr oder weniger der Fall, da die bei technischen Untersuchungen benutzten schnell arbeitenden Apparate durchaus nicht den genügenden Grad von Genauigkeit ergeben.

Die entsprechende Correctur lässt Dr. Schondorf nach folgendem System eintreten.

Setzen wir $1{,}05794\,\alpha + \beta - {}^{21}/_{79}\,\gamma = x$ und bezeichnen durch $a$, $b$ und $c$ die corrigirten Werthe von $\alpha$, $\beta$ und $\gamma$, so wird:

$$a = \alpha - \frac{^1/_3\, x}{1{,}05794}$$

$$b = \beta - {}^1/_3\, x$$

$$c = \gamma + \frac{^1/_3\, x}{^{21}/_{79}}.$$

Diese Werthe genügen der Bedingungsgleichung:

$$1{,}05794\,a + b - {}^{21}/_{79}\,c = 0.$$

Da sich bei Anlage A $x = -3{,}2363$ berechnet, so ergiebt sich, die Orsat-Werthe für $\alpha$, $\beta$ und $\gamma$ eingesetzt:

$$\begin{aligned} a &= 8{,}5196 \\ b &= 11{,}6787 \\ c &= 77{,}8419 \\ &\overline{\phantom{=}98{,}0402} \end{aligned}$$

oder in Procenten:

$$\begin{aligned} a' &= 8{,}69 \\ b' &= 11{,}91 \\ c' &= 79{,}39 \\ &\overline{\phantom{=}99{,}99.} \end{aligned}$$

Wird nun noch der Unvollkommenheitscoefficient $u$, hier $= 0{,}0533$, berücksichtigt, so lässt $a' = 8{,}69$ pCt. Kohlensäure und Kohlenoxyd sich zerlegen in

$$\begin{aligned} 8{,}69 \,.\, 0{,}0533 &= 0{,}46 \text{ pCt. CO} \\ \text{und } &\ 8{,}23 \text{ pCt. } CO_2 \\ &\overline{\ 8{,}69} \end{aligned}$$

so dass für A die corrigirte Gasanalyse wäre:

$$\begin{aligned} CO_2 &= 8{,}23 \\ O &= 11{,}91 \\ CO &= 0{,}46 \\ N &= 79{,}39 \\ &\overline{\ 99{,}99.} \end{aligned}$$

In dieser Weise sind die Gasanalysen aller acht Anlagen corrigirt und auf Tabelle III zusammengestellt; aus denselben ist dann auch nach der bekannten Formel der Luftüberschusscoefficient $n = \frac{21}{21 - \frac{790}{N}}$ berechnet.

Auf derselben Tabelle III befinden sich noch einige Schlussfolgerungen, betreffend die Abweichungen der gefundenen und der berechneten Werthe aus den Gasanalysen, wenn die corrigirten Werthe als richtig zu Grunde gelegt werden.

In Tabelle IV gehen wir über zu der Verbrennung, deren Resultaten und einigen daraus gezogenen Schlussfolgerungen. Nehmen wir den speciellen Fall J zur näheren Berechnung heraus und zwar unter Zugrundelegung der in Tabelle III befindlichen Coefficienten $u = 0{,}0658$ und des berechneten $n = 2{,}078$. Aus der Elementaranalyse berechnet sich der theoretische Heizeffect

$$\mathfrak{W} = 8080\,c + 34\,462\left(h - \frac{o}{8}\right) = 2788.$$

Die wirklich entwickelte Wärmemenge ist

$$W = 8080\,c_1 + 2473\,c_2 + 34\,462\left(h - \frac{o}{8}\right) = 2679.$$

Die theoretische Herdtemperatur ist nach Prof. Ad. F. Weinhold, welche Formel auch von Weinlig unter No. (11) S. 40 benutzt wurde:

$$T = \frac{W + tn\,(8{,}279\,h + 2{,}760\,c_1 + 1{,}380\,c_2 - 1{,}035\,o) - 588{,}5\,(9\,h + w)}{0{,}25\,a + 0{,}161\,c_1 + 0{,}281\,c_2 + 2{,}531\,h + 0{,}218\,o} \\ + n\,(8{,}279\,h + 2{,}760\,c_1 + 1{,}380\,c_2 - 1{,}035\,o) + 0{,}475\,w.$$

Bezeichnen wir $8{,}279\,h + 2{,}760\,c_1 + 1{,}380\,c_2 - 1{,}035\,o$ mit $y$ und $0{,}161\,c_1 + 0{,}281\,c_2 + 2{,}531\,h + 0{,}218\,o + 0{,}475\,w$ mit $z$, so vereinfacht sich die Formel wie folgt:

$$T = \frac{W + tny - 588\,(9\,h + w)}{0{,}25\,a + ny + z}, \quad \text{hier} = 1032^0.$$

Da sowol $W$ als alle anderen Werthe in der Tabelle IV zu finden, so sind danach die einzelnen Temperaturen für alle Anlagen berechnet.

Entweichen nun die Gase nach dem Schornstein mit der Temperatur $T_1$, so kühlen sie sich innerhalb der Feuerungsanlage um $(T - T_1)$ ab und geben eine nutzbare Wärmemenge $\Omega$ ab, welche das Product aus $(T - T_1)$ und der Summe der Wärmecapacitäten der gasförmigen Verbrennungsproducte ist; also

$$\Omega = (T - T_1)(n\,y + z) = \mathfrak{W} - V,$$

wenn wir mit $V$ den gesammten nachweisbaren Verlust bezeichnen.

Durch Umformung der Gleichungen wird auch

$$V = \mathfrak{W} - W + 0{,}25\,a\,T - tny + 588{,}5(9\,h + w) + T_1\,(n\,y + z).$$

Der Verlust $V$ ist also gleich der Differenz der vollkommenen Verbrennungswärme $\mathfrak{W}$ und der wirklich

entwickelten $W$ plus der mit der Asche fortgehenden Wärmemenge $0{,}25\,a\,T = V_1$, minus der durch die Luft zugeführten Wärmemenge $t\,n\,y$, plus den von den Verbrennungsgasen fortgeführten Wärmemengen, welche sich theilen in die mit dem Wasser fortgeführten $588{,}5\,(9\,h + w) = V_3$ und die in den abziehenden Gasen befindlichen $T_1\,(n\,y + z) = V_4$.

Die obige Formel für den Verlust $V$ lässt erkennen, dass der Werth $V$ selbst dennoch richtig gefunden wird, wenn die wahre Verbrennungswärme selbst bedeutend von der mit $T$ berechneten abwiche. Die Abweichung ändert den Werth $\mathfrak{W}$ und $W$ gleichmässig, lässt also die Differenz unberührt. Der von $T$ abhängige Werth $0{,}25\,a\,T$ hat wegen des kleinen Factors $0{,}25\,a$ nur einen verschwindenden Einfluss auf den Werth von $V$. Wenn wir die Summe der Verluste in Anlage J im Betrage von $1393^c$ von $\mathfrak{W} = 2788$ in Abzug bringen, so erhalten wir als zur Disposition stehend $\Omega = 1395^c$. Verdampft wurden nachgewiesen 1829, folglich 131,11 pCt. von $\Omega$. Es ist aber nicht möglich, dass man mehr verdampfen kann, als von der theoretischen Wärmemenge nach Abzug der nachweisbaren Verluste dafür restiren, und hat man, alle bisherigen Daten als richtig vorausgesetzt, die Mehrverdampfung im mitgerissenen Wasser zu suchen. Ist $v$ das mit $1^k$ Kohle verdampfte Wasser, ferner $d$ die Menge Wärmeeinheiten, die mit $1^k$ Dampf nutzbar gemacht sind und $w$ die Anzahl Wärmeeinheiten, welche $1^k$ übergerissenes Wasser nutzbar gemacht hat, wozu die Daten in Tab. II zu finden, und es wäre möglich gewesen, die ganzen in $\Omega$ zur Disposition stehenden Wärmemengen nutzbar zu machen, so mussten $\frac{100\,(v\,d - \Omega)}{v\,(d - w)}$ Procent Wasser übergerissen sein; in diesem Falle also 28,1 pCt.

Die Tabelle IV zeigt, dass von den acht Anlagen nur vier nicht mehr verdampften, als zur Disposition stand. Nach Weinhold ist mit der Verdampfung, die $1^k$ Kohle zu leisten im Stande ist, natürlich $\Omega$ nie zu erreichen, da schon im Herde Verluste durch Ausstrahlung entstehen und ausserdem das Mauerwerk des Kessels auch Wärme an die umgebende Luft abgiebt. Als oberster Grenzwerth des in der Praxis wirklich erreichbaren nimmt Weinhold 90 pCt. von $\Omega$ an und für diese Grenze ist in der folgenden Columne der Tabelle IV das übergerissene Wasser berechnet.

Am Schlusse der Tabelle findet sich eine Gegenüberstellung der Procente von der theoretischen Wärmemenge $\mathfrak{W}$, welche nutzbar zu machen waren und welche angeblich nutzbar gemacht wurden. Beim Vergleich beider Columnen ergiebt sich das merkwürdige Resultat, dass (nach berechnetem $n$) gerade diejenigen vier Anlagen, die am wenigsten von $\Omega$ in Procenten von $\mathfrak{W}$ bei der Verbrennung übrig liessen, am meisten verdampft haben sollen und zwar sind das die Anlagen F, H, J und D. Ebenso haben die vier Anlagen A, C, L und M, welche verhältnissmässig mehr Procente von $\mathfrak{W}$ zur Disposition stellten, gerade sämmtlich weniger als die vier ersteren verdampft.

Es erscheinen mir überhaupt nur die drei Anlagen A, C und M eine normale und glaubwürdige Verdampfung zu geben, während die sehr geringe Ausnutzung der Anlage L von den stark mit Asche belegten Rohren herzukommen scheint.

Die Anlagen F, H und J sind, falls nicht irgendwo grosse Fehler bei den Versuchen untergelaufen sind, in der Weise undenkbar, denn Dampf mit im Min. 19 bis 28 pCt. beigemengten Wassers dürfte wol kaum noch Dampf genannt werden; nach Col. 2 kann das übergerissene Wasser aber 29 bis 37 pCt. betragen haben.

Das übergerissene Wasser wurde bei den Versuchen nicht gemessen, ist aber (S. 56 des Werkes von Weinlig) geschätzt worden und zwar „für reines Speisewasser und zwei Flammrohr-Kessel zu 2 bis 3 pCt., das sich anderenfalls bis 5 pCt. steigern kann;

bei kleinem Wasserspiegel und kleinem Dampfraum ist der Procentgehalt erheblich grösser und kaum eine Grenze mit Sicherheit anzunehmen.“

Nehmen wir behufs Schätzung hiernach die Tabelle I zur Hand, so haben pro Quadratmeter Rostfläche gerade zwei der Anlagen mit vorher geschilderten Wasserspeiern und zwar F und H ziemlich normale Wasserspiegel und Dampfraum, während J allerdings in beiden kleinere Verhältnisse zeigen. D dagegen hat den grössten Dampfraum und normalen Wasserspiegel und hat dennoch Wasser übergerissen. Die kleinsten Verhältnisse zeigen die Röhrenkessel in Anlage A und dennoch kann übergerissenes Wasser laut Rechnung nicht in übergrosser Menge vorhanden gewesen sein. —

Tabelle V enthält zuerst die Wärmeüberführungs-Coefficienten $k$, d. h. die pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde für jeden Grad Temperaturdifferenz zwischen Gasen und Kesselwasser an letzteres übertragene Wärmemenge. Wird die Temperatur im Kessel gleich hoch angenommen, so ist für den Kesselapparat nach Redtenbacher:

$$F = \frac{W}{k} \frac{\ln \frac{T - t}{T_1 - t}}{T - T_1},$$

oder

$$k = \frac{W}{F} \frac{\ln \frac{T - t}{T_1 - t}}{T - T_1};$$

also der Wärmeüberführungscoefficient $k$ gleich den stündlich durch $1^{qm}$ Heizfläche gegangenen Wärmeeinheiten, getheilt durch die mittlere Temperaturdifferenz $\frac{T - T_1}{\ln \frac{T - t}{T_1 - t}} = t_m$. Für beide Ausdrücke befinden sich die Resultate in Tab. V und die Division ergiebt die eben dort befindlichen Werthe von $k$ und zwar sowol für die auf Tabelle IV ermittelten Werthe für $T$ bei berechnetem wie bei corrigirtem $n$.

Wenn wir in diese Formeln die auf Tabelle IV gefundenen Werthe für die Anfangstemperaturen $T$ einführen, so ist ein solches Verfahren eigentlich nur für Vorfeuerungen zulässig, d. h. dann, wenn alle Wärme durch Leitung übertragen wird. Es soll später gezeigt werden, dass das Verfahren bei Innenfeuerung den Wärmeüberführungs-Coefficienten nur wenig ändert.

Auf S. 53 der Weinlig'schen Schrift befindet sich eine Berechnung der mittleren Temperaturdifferenz wörtlich wie folgt: „Rechnet man eine Anfangstemperatur von 942° und eine Endtemperatur im Fuchse von 300°, so sind 642° dem Wasser übermittelt. Ist das Kesselwasser 142° warm, so ist die Differenz = 500°.

Hiernach wäre die mittlere Temperatur

$$t_m = T - T_1 - t_1;$$

diese Werthe sind in Tabelle V nach den von Weinlig berechneten Anfangstemperaturen mit aufgeführt und danach auch das sich ergebende $k$.

Ein solches Verfahren, ganz der Redtenbacher'schen Formel, die doch auf S. 41 richtig aufgeführt wird, widersprechend, ist entschieden unzulässig und ergiebt durchgängig ein zu kleines $k$, was besonders bei der Anlage L am deutlichsten hervortritt, in welcher drei Zweiflammrohrkessel und ein Röhrenkessel zusammen arbeiten und nur ein Wärmedurchgangs-Coefficient $k = 11{,}83$ erzielt wird.

Die Tabelle V enthält ausserdem zu Anfang alle zur Berechnung von $k$ nöthigen Daten.

Nehmen wir als Beispiel einer Innenfeuerung mit Steinkohlen die Anlage D mit $248^{qm}$ Heizfläche und $8{,}4^{qm}$ Rostfläche. Die directe Heizfläche kann zu 1,5 Rostfläche = $12{,}6^{qm}$ angenommen werden. Die Wärmemittheilung der directen Heizfläche beträgt $^1/_4$ bis $^1/_3$, hier jedenfalls bei der niedrigen Anfangstemperatur von $T = 866$ nur $^1/_4$ der total übergeführten Wärmemenge. Da nach Tabelle V pro Quadratmeter Heizfläche $9908{,}5^c$ übergeführt wurden, so beträgt das für die ganze Anlage

$$248 \,.\, 9908{,}5 = 2\,457\,308^c$$

hiervon $^1/_4$ ab für directe Heizfläche $= 614\,427$

bleiben $1\,842\,881^c$

für die übrigbleibende Heizfläche zu transmittiren. Diese restirende Heizfläche ist

$$= 248 - 12{,}6 = 235{,}4^{qm};$$

also kommen im Durchschnitt auf $1^{qm}$ indirecter Heizfläche

$$\frac{1842881}{235{,}4} = 7829^c.$$

Die Temperatur $T = 866^0$ wird sich um denselben Betrag an der Feuerbrücke ermässigt haben, wird also $550^0$ geworden sein, mit deren Zuhilfenahme als jetziges $T$ sich ergiebt

$$t_m = \frac{T - T_1}{\ln \frac{T - t_1}{T_1 - t_1}} = 290{,}4.$$

Also $k = \frac{7829}{290{,}4} = 26{,}9$; während dasselbe $k$ ohne Berücksichtigung der directen Heizfläche zu 24,4 (s. Tabelle V) sich ergab.

Diese Berechnungen sind der Kürze halber in Tabelle V fortgelassen, und zeigen ja gerade die drei Anlagen F, H und J die bedeutendsten Abweichungen von dem von Redtenbacher angenommenen $k = 23$; indem sie sich hier bei berechnetem $n$ von 34 bis 46 und bei corrigirtem $n$ von 37 bis 51 steigern. Da aber schon ein $k = 23$ reine Heizflächen voraussetzt, so ist nicht anzunehmen, dass eine so hohe Steigerung möglich ist, dass also grobe Fehler der Untersuchung zu Grunde liegen müssen.

In den beiden nächsten Columnen der Tabelle V ist ein im Max. zu erreichendes $k_1$ berechnet, welches man erreichen würde, wenn es möglich wäre, die ganze zur Disposition stehende Wärme $\Omega$ nutzbar zu machen.

Der letzte Theil der Tabelle V ist den Zuggeschwindigkeiten gewidmet, wozu die nöthigen Daten aufgeführt wurden. Die Geschwindigkeit der Gase in der gesammten Rauchschieberöffnung variirt bei berechnetem $n$ von $2{,}51$ bis $6{,}82^m$, bei corrigirtem $n$ von $2{,}94$ bis $8{,}14^m$. Die unter F stehenden Doppelzahlen gelten für theilweise halb und theilweise ganz geöffneten Schieber.

Die Temperaturen der aus der Schornsteinmündung austretenden Gase wurden nach Prof. L. Pinzger so angenommen, dass für gemauerte Schornsteine und mittlere Höhen die absoluten Temperaturen der Gase am Fusse zu der beim Austritt sich verhalten wie $1{,}06 : 1$.

Nach solchen auf Tabelle V verzeichneten Austrittstemperaturen sind die Austrittsgeschwindigkeiten der Gase berechnet und zwar wieder unter Zugrundelegung der beiden verschiedenen Werthe von $n$. Die in dem einen Falle bei Anlage J auf $17{,}76$, im anderen auf $19{,}66^m$ gesteigerte Austrittsgeschwindigkeit liess sich nur mit Zuhilfenahme eines Exhaustors erzielen. Aber auch die anderen Anlagen geben bedeutend von einander abweichende Grössen. Bei J ist dafür auch der Rauch voller Funken. —

Zum Schluss noch einige Bemerkungen zu einzelnen Anlagen:

Die beiden Anlagen F und J, welche nach Weinlig 66,8 und 65,7, also am meisten Procente von 𝔚 nutzbar machten, sind von den acht Anlagen gerade diejenigen, bei denen die Kohlen per Lowry angefahren wurden, während sie bei den sechs übrigen Anlagen per Karre herangeschafft wurden. Sollte sich hier durch oberflächliches Wiegen der Lowrys ein grosser Fehler eingeschlichen haben?

Auch ist gerade bei Anlage F erwähnt, dass neue Heizer sie bedienten, die Treppenroste mangelhaft waren und oft nachgestossen werden mussten, dass ferner beim Abschlacken Kohle durch den Rost fiel, — und dennoch eine so grosse Ausnutzung? Ebenso wird bei J forcirt gefeuert, Kohle fortwährend nachgestossen, Rauch voller Funken und Zug mit Exhaustor befördert, sehr hohe Endtemperatur = 400°, — und dennoch höchster Nutzeffect?

Wo die Fehler zu suchen, lässt sich durch Rechnung nicht feststellen und sollte damit bis nach Veröffentlichung der Controlversuche, die bei offenem Mannloch unter denselben Verhältnissen unternommen werden sollten, gewartet werden. Auf Anfrage im November 1878 theilte die Verlagsbuchhandlung mit, „dass wegen Behinderung des Redacteurs der Mittheilungen voraussichtlich in diesem Jahre kein Heft erscheint, da zumal dieselben nur periodisch nach Bedarf ausgegeben werden."

# Die unterirdische Wasserhaltungsmaschine auf dem Alexanderschacht der v. Arnim'schen Steinkohlenwerke zu Planitz bei Zwickau.

Von **B. Otto.**

(Hierzu Taf. XI und Blatt 11 bis 13.)

## Einleitung.

Das der v. Arnim'schen Gewerkschaft gehörende Steinkohlenwerk Planitz besitzt gegenwärtig drei Schächte, den Ventilator-, Himmelfahrt- und Alexanderschacht, von welchen der erste ausschliesslich zur Ventilation, der andere zur Förderung und der Alexanderschacht zur Förderung und Wasserhaltung zugleich benutzt wird.

Der letztere hier allein in Frage kommende Schacht hat rechteckigen Querschnitt von $8^m$ und $2^m$ Seitenlängen (Fig. 3, Blatt 11) und ist in sechs Abtheilungen getheilt; vier derselben, A, B, C und D, dienen für die Förderung, eine, E, für die Fahrung und die letzte, F, zur Wasserhaltung.

Seine Gesammtteufe beträgt $201^m$, von welchen $59{,}1^m$ in Mauerung, $15{,}2^m$ in ganzem Schrot von Eichenholz und der übrige Theil in Bolzenschrotzimmerung stehen.

Bis zur Inbetriebsetzung der neuen unterirdischen Dampfmaschinenanlage diente zur Wasserhaltung auf dem Alexanderschacht eine einfachwirkende, 200 Pferde starke Balanciermaschine ohne Condensation und Expansion, deren Cylinderdurchmesser $2060^{mm}$ und deren Hub in dem Kolben $3186^{mm}$ und in dem Gestänge $2548^{mm}$ beträgt. Dieselbe wurde im Jahre 1860 von dem schon damals durch seine ausgezeichneten Leistungen rühmlichst bekannten Etablissement Richard Hartmann, jetzt Sächsische Maschinenfabrik zu Chemnitz, aufgestellt und ist seit ihrer Anlassung, also über 18 Jahre, ununterbrochen im Betriebe gewesen und hat in der That sich als eine ganz vorzügliche Maschine erwiesen.

Die Pumpenanlage zu besagter Maschine besteht aus zwei Druck- und zwei Saugsätzen, deren Stellung im Schachte folgende ist:

Der I. Drucksatz bei $92^m$ Teufe unter der Hängebank mit $450^{mm}$ Durchm. des Plungers;
der II. Drucksatz bei $169^m$ Teufe unter der Hängebank mit $450^{mm}$ Durchm. des Plungers;
der I. Saugsatz bei $177{,}3^m$ Teufe unter der Hängebank mit $307^{mm}$ Durchm. des Kolbens ($5{,}5^m$ Saughöhe);
der II. Saugsatz bei $194{,}5^m$ Teufe unter der Hängebank mit $307^{mm}$ Durchm. des Kolbens ($5{,}5^m$ Saughöhe).

Das Pumpengestänge ist auf $20^m$ Länge aus Schmiedeeisen mit kastenförmigem Querschnitt construirt; auf die übrige Länge aber aus Tannenholz, mit schmiedeeisernen Schienen armirt.

Die beiden Saugsätze heben die in der zweiten Sohle zufliessenden Wassermengen dem unteren Drucksatz zu; dieser reicht es vereint mit dem in der ersten Sohle sich ansammelnden Wasser dem oberen Drucksatz, welcher es in die über Tage gelegenen Reservoirs ausgiesst.

Sowol in der I. als in der II. Sohle sind zur Ansammlung des zufliessenden Wassers Sumpfstrecken angelegt, welche $2{,}5^m$ unterhalb der Schienenoberkante der Grundstrecken liegen und sich auf einige Hundert Meter Länge erstrecken, so dass dieselben selbst bei starken Wasserzuflüssen für 1 bis $1^1/_2$ Tage Fassungsraum bieten.

Da die Wasserzugänge auf der zweiten Sohle bisher sehr gering waren, so genügten die Saugsätze vollkommen; indess werden dieselben, da mit dem immer weiter vorschreitenden Abbau auf der oberen Sohle sämmtliches Wasser nach und nach dem Tiefsten verfällt, bald an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit ankommen, und ist deshalb an deren Stelle der Einbau eines Drucksatzes*) auf der II. Sohle in Aussicht genommen.

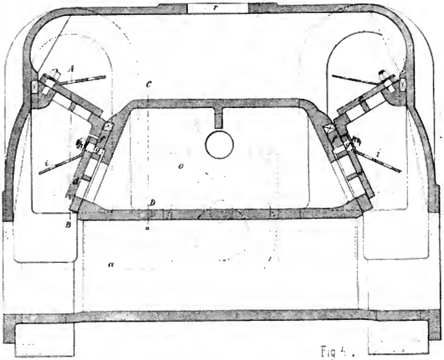
Dieser projectirte Bau wie auch die Vornahme einer grösseren Reparatur an der Balanciermaschine (Auswechselung des in letzterer Zeit etwas undicht gewordenen Dampfkolbens), sowie endlich noch die Erwägung, dass durch etwaige Brüche an der Maschine ein Ersaufen der Grube eintreten und hierdurch ein sehr beträchtlicher Stillstand in dem ganzen Betriebe herbeigeführt werden könnte, machten die Beschaffung einer Reserve-Wasserhaltungsmaschine zu einem dringenden Bedürfniss.

Da der Einbau einer oberirdischen zweiten Maschine mit den erforderlichen Sätzen wegen des sehr beschränkten Raumes im Kunstschachte, wie auch aus den Horizontalschnitten Fig. 4, 7 und 8 zur Genüge ersichtlich ist, nicht möglich war, so musste die Anlage einer unterirdischen Wasserhaltungsmaschine ins Auge gefasst werden.

Bei der Entscheidung der Frage über das zu adoptirende Maschinensystem war man darin vollkommen einig, dass von dem Einbau einer nicht rotirenden Pumpe nach den fast überall damit gemachten, keineswegs glänzenden Erfahrungen abzusehen sei, indem diese Pumpen zwar den Vortheil der Compendiosität und Wohlfeilheit besitzen, jedoch bezüglich des ruhigen Ganges und Dampfverbrauches den Maschinen mit rotirender Bewegung weit nachstehen, und wurde deshalb die Anlage einer Maschine nach letzterem System beschlossen. Da die Herstellung eines möglichst schmalen Maschinenraumes wegen der unmittelbaren Nähe des Schachtes (s. Fig. 1) behufs Vermeidung von Druck geboten erschien, so nahm man auch von der Aufstellung einer Zwillingsmaschine Abstand und wählte eine eincylindrige Dampfpumpe mit Schwungrad, Expansion und Condensation.

*) Dieser Einbau ist im Jahre 1878 auch erfolgt.

Fig 1. Langenschnitt




F g 2 Querschnitt

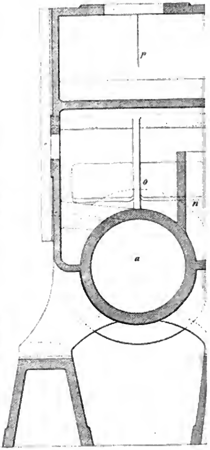



Fig 3
Schnitt nach A B Fig 1

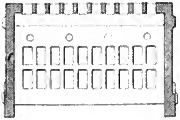
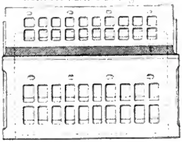


Fig 4.
Schnitt nach C D. Fig 1



Condensatorkolben.

Fig 5

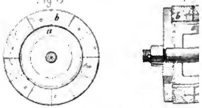
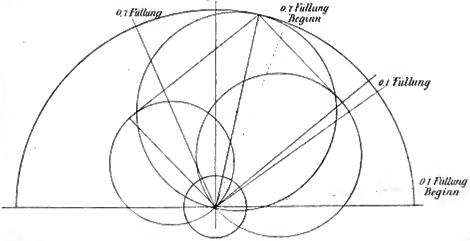



Diagramm der Steuerung.

Fig 13




# B. Otto

## Die unterirdisch
## Wasserhaltungsmasc
## auf dem Alexandersc
## zu Planitz bei Zwick

Conden



## Druckventil Gehäuse.

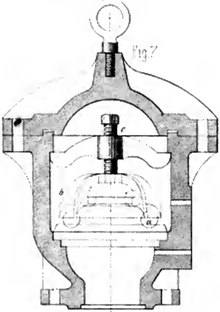



Fig. 7

## Pumpenventil

Fig. 8 & 9.

Fig. 8 (1/5 nat. Gr.)

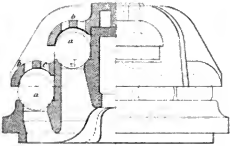
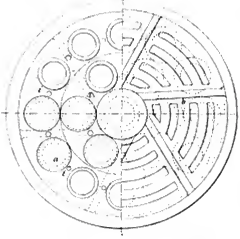



Fig. 9



Maßstab zu Fig. 1–7 1/10 nat. Gr.

Fig. 10.




Fig. 11.

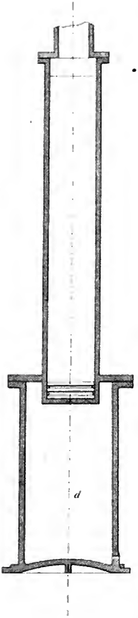
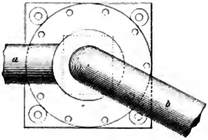



Fig. 12.




## Wassersammler

Fig. 10–12.
(1/15 nat. Gr.)

ie
ht
orpumpe

Fig. 1 Längendurchschnitt der Maschinenanlage

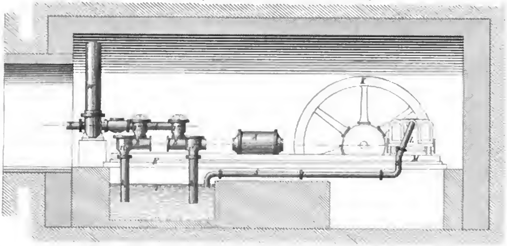


Fig. 4 Qu

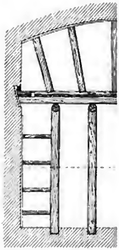
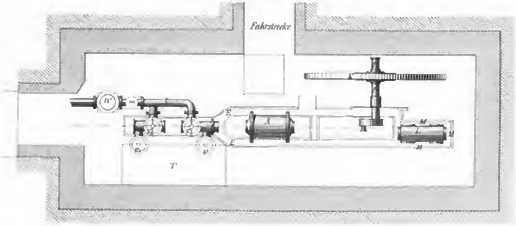
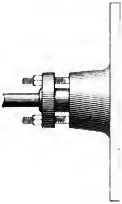


Fig. 2 Grundriss der Maschinenanlage.



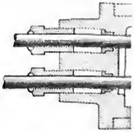
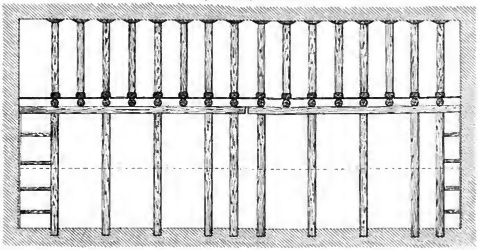


Fig. 3 Längenschnitt.



Masstab Fig. 1–6 (1:100)




Königl. Hof Lith. Ber

nitt

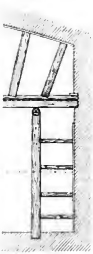


Fig 5 Lehrgerüst

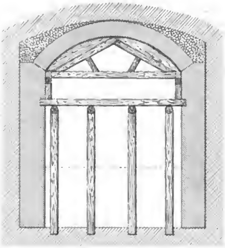
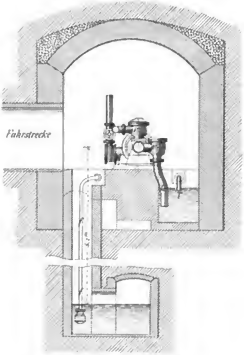
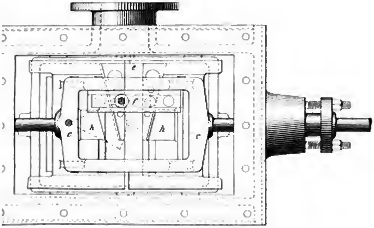


Fig 6 Verticalschnitt der Maschinenanlage




Einbau der Maschinen Anlage.
Fig. 1 bis 6

Fig 7



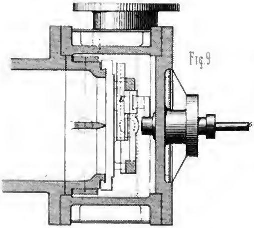
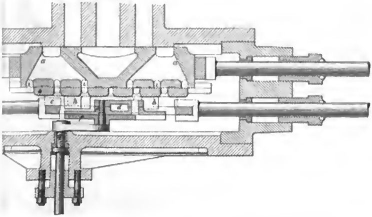


Fig 9

Fig 8



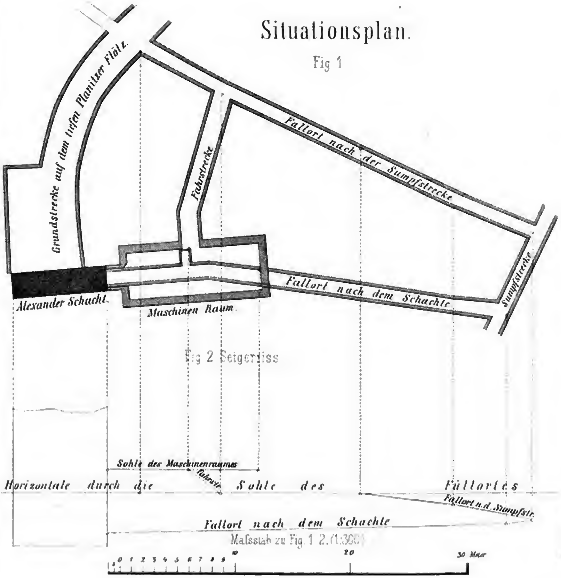
# B. Otto

## Die unterirdische Wasserhaltungsmaschine auf dem Alexanderschacht zu Planitz bei Zwickau.

Farcot-Krause'sche Steuerung.
Fig 7 bis 9.
(1/10 nat. Gr.)

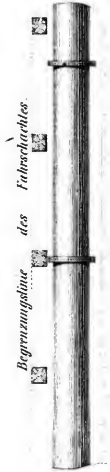
# Situationsplan.

Fig 1



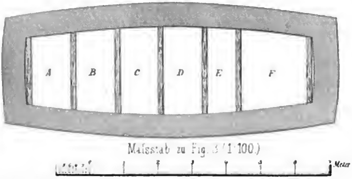

Maſsstab zu Fig. 1. 2. (1:300)

Fig. 5




# Alexander-Schacht.

Fig. 3

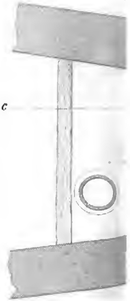



Maſsstab zu Fig. 3 (1:100)

# Einbau der Rohrleitungen.

Fig 4-8.

Maſsstab zu Fig 9-11 1:25



…chnitt nach C D.

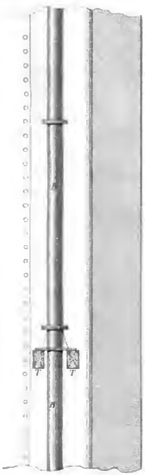


Fig 6. Schnitt nach A B.

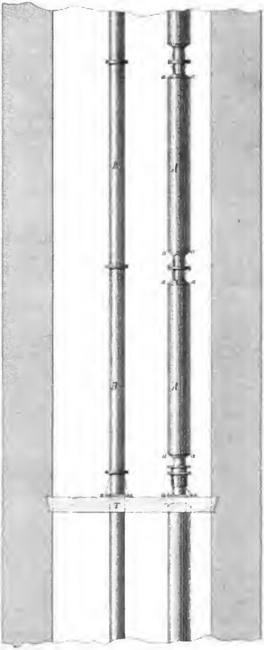


Fig 7. Horizontalschnitt.

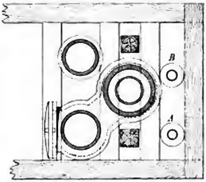
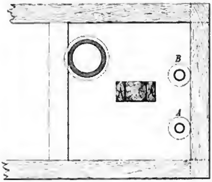


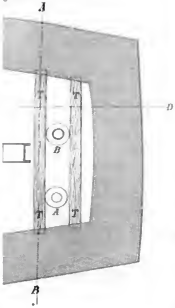
Fig 8. Horizontalschnitt.



# B. Otto

## Die unterirdische Wasserhaltungsmaschine auf dem Alexanderschacht zu Planitz bei Zwickau.

…g 4. Grundriss




Dampfrohre Fig 9



Steigerohre Fig 10



Maßstab zu Fig 4 - 8. (1:50)



Die Sächsische Maschinenfabrik zu Chemnitz wurde mit der Herstellung der Maschine nach einem von ihr bearbeiteten Project beauftragt, und entsprach dieselbe in jeder Hinsicht den Bedingungen des abgeschlossenen Contractes.

Die Grösse der Maschine wählte man so, dass sie unter gewöhnlichen Verhältnissen für die Wasserhaltung vollkommen ausreicht, die alte Maschine, welche im Vergleich zu ihrer Leistungsfähigkeit nur sehr schwach beansprucht wird, dann als Reserve dient. Nach vieljährigen Beobachtungen schwankt der Wasserzufluss im Alexanderschacht je nach der Jahreszeit zwischen 0,25 bis 1,00$^{cbm}$ pro Minute, und wurde dem entsprechend die Stärke des Pumpenwerkes so festgesetzt, dass dasselbe bei einer Dampfspannung von 4,5 Atm. und einer Kolbengeschwindigkeit von 0,888$^{m}$ pro Secunde 1$^{cbm}$ Wasser in der Minute auf 200$^{m}$ zu heben vermag.

Die erforderliche Nutzleistung hierfür beträgt:

$$N_n = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{60 \cdot 75},$$

wo $\gamma$ das Gewicht von 1$^{cbm}$ Wasser, $Q$ die Wassermenge in Cubikmeter pro Minute und $H$ die Hubhöhe in Meter bedeutet, also

$$N_n = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 200}{60 \cdot 75} = 44 \text{ Pferdest.}$$

Bei ungewöhnlichen Wasserzugängen, wie sie besonders im Frühjahr nach heftigem Thauwetter einzutreten pflegen, kann die Balanciermaschine zur zeitweiligen Mitwirkung eingreifen und würden dann beide Maschinen im Stande sein, ein Wasserquantum von 3$^{cbm}$ pro Minute zu gewältigen.

## I. Herstellung des unterirdischen Maschinenraumes.

Der für die Dampfpumpenanlage geschaffene unterirdische Maschinenraum ist grösstentheils in dem Tiefen Planitzer Flötz und nur an der Firste in festem Schieferthon situirt, so dass, da der Raum überdies in seinem nördlichen Theile von einer Verwerfung durchsetzt wird, es geboten erschien, denselben vollständig auszumauern.

Die Arbeiten für den Aushieb des Maschinenraumes, welcher einer lichten Länge von 13$^{m}$, einer lichten Weite von 5,5$^{m}$ und einer Höhe von 6,4$^{m}$ (vgl. Blatt 12) bedurfte, wurden damit eingeleitet, dass man eine 1,2$^{m}$ weite und 2$^{m}$ hohe Strecke bis an den Schacht vortrieb und dann in 2$^{m}$ nördlicher Entfernung von letzterem mit der Herstellung des vollen Profils, zunächst auf eine Länge von 6$^{m}$, begann, nach dessen Ausmauerung man den übrigen Theil in Angriff nahm. Der Raum wurde (s. Fig. 3 und 4, Blatt 12) in der Weise verbaut, dass bei der darauf folgenden Mauerung ein Zerschneiden der Zimmerung thunlichst vermieden und eine fernere Verwendung derselben ermöglicht wurde.

Die Seitenmauern des Maschinenraumes sind in einer Stärke von 0,75$^{m}$ und das Gewölbe bei 1$^{m}$ Stich in einer solchen von 0,5$^{m}$ aus Ziegeln gewöhnlichen Formates, in genauem Kreuzverbande vermauert, ausgeführt. Die einzelnen Ringe des Gewölbes wurden fast durchgängig 3$^{m}$ lang genommen und hierzu drei Lehrbogen von der aus Fig. 5 ersichtlichen Construction verwendet. Das Fundament ist nach Angabe der Fabrik in einer Stärke von 1,8$^{m}$ gleichfalls aus gut sortirten Ziegeln hergestellt.

Der zu dem gesammten Mauerwerk benutzte Kalk ist von den Planitzer Kalköfen bezogen und giebt einen ausgezeichneten, bald erhärtenden Mörtel, dessen Festigkeit schon nach einigen Tagen bedeutend ist. Die hohlen Räume hinter der Mauerung wurden mit Bergen sehr gut ausgefüllt, damit der Gebirgsdruck gleichmässig und direct auf das Mauerwerk übertragen wird.

Fünf im Maschinenraumgewölbe eingemauerte Oesen (auf der Zeichnung nicht ersichtlich) haben den Zweck, bei etwaigen Reparaturen als Befestigungspunkte für die behufs Abhebung von Maschinentheilen, wie der Ventildeckel u. s. w. erforderlichen Flaschenzüge zu dienen.

## II. Beschreibung der Maschine und Pumpe.

Die zum Betriebe des Pumpenwerkes verwendete Dampfmaschine ist, wie bereits bemerkt, eine doppeltwirkende Hochdruckmaschine mit variabler Expansion und Condensation. Sie ist auf Taf. XI dargestellt.

Der Dampfcylinder $A$ besitzt 700$^{mm}$ Bohrung und 700$^{mm}$ Hub; die Druckpumpe, welche die beiden Cylinder $B$, $B$ mit dem gemeinschaftlichen Plunger $C$ umfasst, hat 175$^{mm}$ Durchm. und den gleichen Hub wie die Maschine, indem die Dampfkolbenstange $D$ direct mit dem Pumpenkolben $C$ verbunden ist. Eine kräftige, gusseiserne, behufs Transports durch den Schacht aus zwei unter einander zusammengeschraubten Stücken bestehende U förmige Fundamentplatte $E$ trägt sowol den Dampfcylinder $A$ als die in derselben Axe gelegenen Pumpencylinder $B$. Das vordere Ende der Kolbenstange $D$ ist mittelst zweier an den beiden Enden eines Querhauptes $F$ angebrachter Gleitstücke in Schlitten $G$, $G$ geführt und überträgt durch die 120$^{mm}$ dicke, 1,7$^{m}$ lange Pleuelstange $H$ die Bewegung auf die 250$^{mm}$ starke von Gussstahl gefertigte Kurbelwelle $J$. Das auf letzterer sitzende Schwungrad $K$ hat bei 4200$^{mm}$ Durchm. ein Gewicht von 7155$^{k}$, welches genügt, um die Wirkung der veränderlichen Geschwindigkeiten des Dampf- und Pumpenkolbens aufzuheben, so dass das Pumpenwerk einen sehr sicheren, ruhigen Gang besitzt. Der 300$^{mm}$ hohe und 200$^{mm}$ breite Ring des Schwungrades enthält sieben Arme und ebenso viele Kranzsegmente; sein Umfang ist mit einer Verzahnung versehen, in welche man einen Hebel einsetzen kann, sobald es gilt, die einmal in einem der todten Punkte der Kurbel zur Ruhe gekommene Maschine wieder flott zu machen.

Die Condensation $L$, bestehend in dem aus einem Stücke gegossenen Condensator und Luftpumpe, ruht horizontal hinter dem Dampfcylinder $A$ auf einem mit der Fundamentplatte $E$ verschraubten gusseisernen Rahmen $M$. Die Condensatorpumpe von 280$^{mm}$ Kolbendurchmesser erhält durch die an das Querhaupt $F$ mittelst Keilen angeschlossene Kolbenstange $N$ ihre Bewegung und hat

infolge dessen den gleichen Hub von 700$^{mm}$ wie der Dampfkolben.

Gespeist wird die Maschine von der über Tage stehenden zugleich für die beiden vorhandenen Fördermaschinen dienenden Dampfkesselanlage durch eine gusseiserne, behufs Verminderung der Abkühlung gut eingehüllte Röhrentour von 150$^{mm}$ lichter Weite. Der Dampf tritt, nachdem er den Wassersammler *O* passirt und daselbst das Condensationswasser zurückgelassen hat, durch das Dampfabsperrventil *P* in den Schieberkasten *Q* und von da in den Cylinder, arbeitet in diesem expandirend und strömt nach vollbrachter Wirkung durch das Abgangsrohr *R* nach dem Condensator. Die Dampfvertheilung wird durch zwei auf einander liegende Schieber nach dem Farcot-Krause'schen System mit verstellbarer Expansion bewirkt, und es erfolgt die Bewegung des Schiebermechanismus durch die beiden auf die Schwungradwelle aufgekeilten Excentriks $c$, $c_1$ mittelst der Excentrikstangen $d$, $d_1$.

Die Geschwindigkeit der Maschine wird fast ausschliesslich durch Drehen des Hebels *e*, welcher grössere oder kleinere Cylinderfüllungen gestattet, regulirt; nur bisweilen, besonders bei zunehmendem hohen Dampfdruck, bedient man sich des Dampfabsperrventils *P*. Zur Condensation des Abgangsdampfes der Maschine war ein Körting'scher Saug-Condensationsapparat projectirt; indess wurde von demselben, da die Erfinder, mit welchen sich die Fabrik in Verbindung gesetzt hatte, bei der ungewöhnlichen Saughöhe von 6,2$^{m}$ eine Garantie für den Apparat nicht übernehmen wollten, Abstand genommen und dafür die Condensation mit Luftpumpe in der oben angegebenen Weise construirt. Dieselbe saugt das ganze zu hebende Wasser durch die 100$^{mm}$ weite, mit einem Saugkorb versehene Kupferrohrleitung *f* aus dem Sumpfe an und fördert es durch das Abflussrohr *S* in das Bassin *T*. Die Menge des zufliessenden (angesaugten) Wassers kann durch den Einspritzhahn *g* regulirt werden. Um von der Condensatorpumpe, falls dieselbe durch irgend welche Zufälligkeiten nicht genügend Wasser für die Druckpumpen liefern sollte, unabhängig zu sein, wird von den Sumpfstrecken der oberen Sohle aus durch ein Kupferrohr eine geringe Quantität Wasser in das Bassin zugeleitet, was zugleich auch den grossen Vortheil bietet, dass das Druckwasser niemals einen hohen Wärmegrad annehmen kann. Das überschüssige Wasser fliesst aus dem Bassin durch ein 150$^{mm}$ weites Rohr nach dem Sumpfe ab.

Die Druckpumpe enthält zwei Saug- und zwei Druckventile, so dass dieselbe sich als doppeltwirkende Plungerpumpe charakterisirt.

Die Cylinder *B*, *B*, zur Dichtung und sicheren Führung des Plungers mit langen Stopfbuchsen $h$, $h_1$ und $h_2$ ausgerüstet, besitzen eine Wandstärke von 40$^{mm}$, womit sich die Beanspruchung des Materials auf 63$^{k}$ pro Quadratcentimeter herausstellt.

Die Ventilgehäuse $u$ und $u_1$ für die Saugventile communiciren an ihrem oberen Ende durch die Hälse $i$ und $i_1$ mit den Pumpencylindern und stehen unten mittelst der Saugrohre $k$ und $k_1$, durch welche das Wasser aus dem Bassin in die Pumpe gelangt, in Verbindung; die Gehäuse $v$ und $v_1$ für die Druckventile aber befinden sich oberhalb der Pumpe und münden in das Druckrohr *l*. Sämmtliche Gehäuse sind mit starken Deckeln dicht verschraubt, welche die Zugänglichkeit zu den Saug- und Druckventilen jeder Zeit gestatten. Je nach dem Hin- oder Hergange des Kolbens tritt das Wasser bald durch das vordere Ventilgehäuse *u*, bald durch das hintere $u_1$ in den Cylinder, wird hierauf durch die Druckventile fortgepresst und gelangt durch das Rohr *l*, nachdem es die in der Kammer *m* befindliche Rückfallklappe passirt hat, in den Windkessel *W*. Von hier aus wird das Wasser in die 175$^{mm}$ weite Steigerohrleitung *X* und aus dieser, 196$^{m}$ hoch, zum Ausfluss in die über Tage gelegenen Reservoirs gefördert. Gleich nach ihrem Austritt aus dem Windkessel kann die Druckleitung mittelst eines 180$^{mm}$ weiten Wasserschiebers *n* abgesperrt werden.

Der Windkessel *W* hat 415$^{mm}$ lichten Durchm., und von Oberkante des Steigerohrs aus gemessen, eine Höhe von 2400$^{mm}$. Er besteht aus einem von 14$^{mm}$ starkem Eisenblech gefertigten Cylinder und einem gusseisernen Untersatz, welche beiden Theile durch 35 und 60$^{mm}$ starke Flanschen mittelst 16 Schrauben wasserdicht mit einander verbunden sind. Der Windkessel ist auf 35 Atm. geprüft und vollkommen dicht befunden worden; zur Messung des Wasserdruckes ist an demselben ein hydraulisches Manometer von Schäffer & Budenberg angebracht.

Da es schwer ist, in dem Windkessel die erforderliche Luft unter dem auf ihr lastenden hohen Druck zu erhalten, so muss dieselbe immer erneuert werden, und dient hierzu eine kleine (auf der Zeichnung nicht ersichtliche) Luftcompressionspumpe, welche neben dem Condensator aufgestellt ist und durch ein 22$^{mm}$ weites Kupferrohr mit dem Windkessel in Verbindung steht. Dieselbe hat einen 60$^{mm}$ starken Plunger, einen Hub von 120$^{mm}$ und wird von einer an das Excentrik *c* angeschlossenen Lenkerstange bewegt. Die Wirkung der mit Saug- und Druckventil ausgestatteten Pumpe ist die, dass beim Hingange des Kolbens Luft angesaugt und diese beim Kolbenrückgang in den Windkessel gepresst wird. Zum Schutze der Pumpe gegen Warmwerden wird dem Raum, welcher den Pumpencylinder umgiebt, durch ein 15$^{mm}$ im Durchmesser haltendes Kupferrohr aus dem Condensator kaltes Wasser in geringer Menge zugeführt. Macht sich einmal die Ausserbetriebsetzung der Compressionspumpe nothwendig, so kann durch die an den Saugventilgehäusen $u$ und $u_1$ angebrachten kleinen Lufthähne, welche in diesem Falle geöffnet werden, mit dem angesaugten Wasser dem Windkessel genügend Luft zuströmen. Zur Beobachtung der Füllung des Windkessels dienen zwei Probirhähne; die Anbringung eines Wasserstandsglases erachtete man bei dem hohen Drucke für bedenklich.

Endlich ist der Windkessel noch mit einem Sicherheitsventil *q* armirt, welches dazu dient, um Wasser

aus der Steigrohrleitung entweichen zu lassen, sobald durch irgend welche Störungen ein zu starker Druck des Wassers in denselben eintreten sollte. Das Ventil *q* ist mit einer Spiralfeder belastet, welche genau dem Drucke entsprechend regulirt, bezw. festgestellt wird. Sobald der letztere das zulässige Mass überschreitet, öffnet sich das Ventil und das alsdann entweichende Wasser wird durch ein 50$^{mm}$ weites Kupferrohr *r* in das Bassin *T* gedrückt.

Vorstehender allgemeinen Beschreibung möchte ich noch hinzufügen, dass die Pumpen-Dampfmaschine, wie auch die Zeichnung Taf. XI hinreichend erkennen lässt, in allen ihren Theilen sehr kräftig gebaut ist, was bei dergleichen unterirdischen Maschinen sich stets empfehlen dürfte, selbst wenn dieselben dadurch in der Anschaffung etwas höher zu stehen kommen.

Das gesammte Gewicht der Maschine ohne Dampf- und Steigerohre beträgt nach der in Abschnitt VI gegebenen Gewichtstabelle 31750$^{k}$.

## III. Beschreibung der Construction einzelner Maschinentheile.

1) Der Dampfcylinder. Die ganze Länge desselben beträgt 1,050$^{m}$, so dass bei der Dicke des Kolbens von 170$^{mm}$ und dem Hub von 700$^{mm}$ nach jedem Kolbengang ein Spielraum von 90$^{mm}$ übrig bleibt. Die beiden Deckel, welche durch 29$^{mm}$ starke Schrauben mit dem Cylinder verbunden und mittelst Mennigekitt gut gedichtet sind, haben eine dem Dampfkolben sich möglichst anschliessende Form, um die schädlichen Räume auf das geringste Mass zu beschränken. Zur Verhütung der Abkühlung ist der Cylinder von einem Blechmantel umgeben und der Zwischenraum mit einer Packung gut ausgefüllt.

Der Dampfkolben hat die gewöhnliche Construction und wird von zwei sich selbst spannenden gusseisernen Ringen von 45$^{mm}$ Breite gedichtet.

2) Die Steuerung. Die Steuerung ist, wie bereits angedeutet, eine von Krause (Ingenieur der Sächs. Maschinen-Fabrik zu Chemnitz) construirte Expansionssteuerung, welche die Vorzüge der Farcot-Steuerung mit denen der Meyer'schen vereinigt und deshalb sowol für niedrige als hohe Cylinderfüllungen recht gut geeignet ist.

Auf dem im Rücken mit drei Durchlassöffnungen *i*, *i*, *i* (Fig. 8, Blatt 12) von 18$^{mm}$ Weite versehenen Grund- oder Vertheilungsschieber *a* ruhen die beiden mit je zwei 19$^{mm}$ weiten Spalten ausgerüsteten Expansionsschieberplatten *b*. Die Stellung dieser Platten (und darin liegt die wesentlichste Abweichung von Farcot) wird durch den Expansionsrahmen *c* besorgt, welcher mittelst eines eigenen Excentriks von der Schwungradwelle aus die Bewegung empfängt. In der Mitte dieses Rahmens ist der Steg *d* eingeschweisst, und statt des Farcot-Daumens auf diesem der Keil *e* verschiebbar, welcher von aussen her durch einen in einen Sector eingreifenden, mit dem Gleitstück *f* verbundenen Hebel *g* gehoben oder gesenkt werden kann.

Die an die Platten *b* angegossenen Nasen *h* legen sich mit ihren schrägen Seiten an den Keil *e*, dagegen mit den geraden Flächen an die innere Stirnwand des Rahmens an, und es werden bei der grössten relativen Entfernung des Rahmens gegen den Grundschieber die oberen Eintrittscanäle des letzteren geöffnet, dagegen je nach der Stellung des Keiles früher oder später geschlossen.

Was das Zeuner'sche Diagramm für vorstehende Steuerung betrifft, so ist dasselbe nach den bekannten Regeln in Fig. 3, Blatt 13 construirt, und kann ich mich wol einer näheren Erläuterung dazu enthalten; im übrigen verweise ich auch noch auf die Abhandlung darüber im „Civilingenieur", Jahrg. 1869.

3) Die Condensatorpumpe. Der 280$^{mm}$ weite Cylinder *a* ist, wie Fig. 1 und 2, Blatt 13 zeigen, an beiden Seiten mittelst Deckeln verschlossen, von welchen der eine mit Stopfbuchse zur Dichtung der den Pumpenkolben (Fig. 5 und 6) tragenden stählernen Kolbenstange ausgestattet ist.

Der Kolben selbst besteht aus dem gusseisernen Körper *a a* und der ihn umgebenden Liderung *b b*, gebildet aus Eichenholzsegmenten, die durch eine 3$^{mm}$ dicke Stahlfeder aus einander gehalten werden. Diese Liderung bewährt sich ganz vorzüglich und ist höchst empfehlenswerth.

In der Pumpe befinden sich Gummiklappenventile und zwar zwei Saugventile *d*, *d* und zwei Druckventile *e*, *e*, deren Anordnung aus Fig. 1 ersehen werden kann. Die 20$^{mm}$ dicken Gummiplatten von $440 \times 210^{mm}$ Seitenlänge ruhen auf den in Fig. 3 im Grundriss ersichtlichen Gittern *f* auf und werden durch vier Schrauben *g* mit den aus Rothguss hergestellten Muttern *h* niedergehalten.

Die Ventile liegen in geschlossenem Zustande unter 22,5$^{0}$ gegen die Lothlinie und öffnen sich bis zu einem Winkel von etwa 68$^{0}$. Ihr Hub wird durch die durchlöcherten, von 6$^{mm}$ starkem Eisenblech gefertigten Anschlagplatten *i* begrenzt.

Das von der Pumpe angesaugte Wasser tritt aus dem an der Mündung auf 80$^{mm}$ verengten Saugrohre in den Condensator ein, geht daselbst dem von der anderen Seite bei *l* einströmenden, und in dem von einer Querwand und dem Condensatorgehäuse gebildeten Canal *n* aufsteigenden Dampf entgegen und condensirt denselben. Das Wasser fällt in den Raum *o*, passirt hierauf je nach dem Hin- oder Hergange des Kolbens bald das vordere, bald das hintere Saugventil und steigt durch die entsprechenden Druckventile in den Raum *p*, aus dem es durch das Abflussrohr in das Pumpenbassin abfliesst.

Zum Ausblasen der Luft aus dem Condensator dient ein bei *r* aufgeschraubtes sich nach oben erweiterndes Rohr.

4) Beschaffenheit der Pumpenventile. Die in Fig. 8 und 9, Blatt 13 dargestellten Druck- und Saugventile der Pumpe sind Kugelventile, welche um die Vertical-

axe des Ventilkörpers kreisförmig in zwei Etagen angeordnet sind. Die obere Etage enthält sechs, die untere aber zwölf Metallkugeln *a*, *a* von 54$^{mm}$ Durchm. bei 35$^{mm}$ Durchgangsöffnung und 8$^{mm}$ Hub, so dass bei jedem Spiele 36 Saug- und ebenso viel Druckventilkugeln in Wirksamkeit sind.

Um zu verhüten, dass die Kugeln durch die Wasserströmung von ihrem Platze fortgerissen werden, als auch besonders zur Begrenzung ihres Hubes ist über das ganze Ventil eine vielfach durchbrochene Haube *b* von Bronze angeordnet, welche mittelst einer besonderen Mutter *c* (Fig. 7) auf dem Ventilsitze festgeschraubt wird.

Um die Kugeln bei einem durch die Strömung vielleicht bewirkten seitlichen Druck wieder auf den Sitz zu leiten, hat man vorsichtshalber Führungsstifte *i i* . . . anbringen zu müssen geglaubt; indess sind von diesen Stiften bereits nach halbjährigem Betriebe mehrere lose geworden und einige sogar abgebrochen. Trotz alledem hat die Pumpe sehr gut gearbeitet, womit der Beweis erbracht ist, dass diese Führungsstifte unnöthig sind, und wird auch in Zukunft die Maschinenfabrik dieselben nicht mehr anbringen. Der Hauptvortheil der beregten Ventilanordnung liegt einerseits darin, dass dieselbe eine grosse Zahl von Durchgangsöffnungen für das Wasser darbietet, so dass die Wirkung der Pumpe nicht wesentlich beeinträchtigt werden wird, wenn eine oder selbst mehrere Kugeln durch etwaige vom Wasser mitgeführte Unreinigkeiten, wie Holzsplitter u. dgl. ausser Thätigkeit kommen sollten; andererseits in dem Umstande, dass die Metallkugeln eine sehr geringe Abnutzung erfahren und daher eine — man kann wol sagen — unbegrenzte Dauer besitzen.

5) Die Rohrleitungen und deren Einbau. Die von den Kesseln über Tage in einer Gesammtlänge von 230$^{m}$ nach der unterirdischen Maschine geführte Dampfleitung besteht aus gusseisernen Röhren *A* (Fig. 9, Blatt 11) von 150$^{mm}$ lichter Weite und 3000$^{mm}$ Länge. Die Wandstärke dieser auf 10 Atm. probirten Rohre ist durchgängig 12$^{mm}$ und die Dichtung erfolgt durch 5$^{mm}$ dicke Gummiringe, welche sich sehr befriedigend halten.

Um die Dampfrohre gegen Abkühlung möglichst zu schützen, sind dieselben mit der feuerfesten, die Wärme nicht leitenden Composition *a a* (Fig. 6) von Klehmet aus Chemnitz in einer Stärke von 60$^{mm}$ sorgfältigst eingehüllt. Diese Bekleidungsmasse, welche bis heute sich ganz vortrefflich bewährt und für welche der Lieferant eine zehnjährige Garantie übernommen hat, verbindet sich nach einer Begutachtung des Breslauer polytechnischen Institutes, infolge der chemischen Zusammensetzung innigst mit dem Metall, schützt dadurch dasselbe vor den Einflüssen der Atmosphäre und verhindert somit das Rosten. Ferner ist die Composition aus Stoffen zusammengesetzt, welche nicht nur die Wärme nicht leiten, sondern auch noch den Vortheil besitzen, die Masse feuerfest und durchaus wetterbeständig zu machen. Entsteht ein Leck an den belegten Metallflächen, so lässt sich derselbe leicht wieder ausbessern, da sich der alte Auftrag mit dem neuen sofort verbindet. Um die Composition jeder Einwirkung von Feuchtigkeit zu entziehen, macht sich bei den Rohrleitungen im Schachte ein mehrmaliger Anstrich mit Harzöllack nöthig. In sehr nassen Schächten allerdings, wo die Rohre so zu sagen einem fortwährenden Regen ausgesetzt sind, scheint die Klehmet'sche Masse nach anderwärts damit gemachten Erfahrungen auf die Dauer auch nicht hinreichend widerstandsfähig zu sein, und wird man in diesen Fällen zu anderen Bekleidungsmitteln die Zuflucht nehmen müssen.

Die Kosten für die Einhüllung der Dampfrohrleitung im Alexanderschacht berechnen sich wie folgt:

| | | |
|---|---|---|
| I. | Klehmet'sche Composition $230 . 0{,}175 . \pi = 126^{qm}$; da pro Quadratmeter 2,14 Ctr. erforderlich, zusammen 270 Ctr. à 6 ℳ = . . . . | 1620 ℳ |
| II. | Harzöllack 3 Ctr à 12 ℳ = . . . . | 36 „ |
| III. | Arbeitslöhne für Bekleidung sämmtlicher Rohrleitungen einschl. dreimaligem Lackanstrich = 70 Arbeitstage à 4,5 ℳ = | 315 „ |
| IV. | Reisekosten der gestellten Arbeiter u. s. w. = | 29 „ |
| | zusammen | 2000 ℳ, |

so dass hiernach der Belag von 1$^{m}$ Rohrlänge auf 8,69 ℳ zu stehen kommt.

Der in die Dampfleitung eingeschaltete zur Trocknung des Dampfes dienende Wassersammler hat die aus den auf Blatt 13, Fig. 10 und 11 im Durchschnitt und Fig. 12 im Grundriss erkenntliche Construction.

Der Dampf tritt bei *a*, *a* in den zum Schutz gegen Wärmeverlust gleichfalls mit der genannten Masse eingehüllten Apparat, wird hier durch Veränderung der Richtung, und namentlich durch die entstehende Centrifugalkraft genöthigt, das Condensationswasser zum grössten Theile fallen zu lassen und entweicht bei *b*, *b* nahezu getrocknet zur Speisung der Maschine.

Das durch ein Sieb *c* fliessende Condensationswasser sammelt sich in dem unteren cylindrischen Theile *d* des Apparates an und wird aus diesem mittelst eines immer etwas geöffneten Ablasshahnes in das früher erwähnte Pumpenbassin abgeleitet.

Um die durch die Erwärmung der Dampfrohre veranlasste Längenausdehnung zu compensiren, sind in die Leitung, gleichmässig vertheilt, 12 Stopfbuchsen sowie beim Uebergange vom unterirdischen Maschinenraum in den Schacht und von diesem in das Maschinenhaus bezw. in das Kesselhaus Kupferrohre eingeschaltet. Zur Dichtung der Stopfbuchsen verwendet man Zöpfe von gutem in geschmolzenen Talg getränkten Hanf, welche Liderung bisher ganz gute Dienste geleistet hat.

Die gusseisernen Steigrohre *B*, Fig. 10, Blatt 11, haben bei 175$^{mm}$ lichter Weite und 3$^{m}$ normaler Stücklänge vier verschiedene, dem Drucke der Wassersäule entsprechende Metallstärken, nämlich 22, 17, 14 und 10$^{mm}$ und sind auf 30 Atm. abnehmend probirt. Die Rohrflanschen sind mit eingedrehten Dichtungsflächen, bezw. eingreifenden Vorsprüngen von 25$^{mm}$ Breite versehen, um die 5$^{mm}$ dicken Gummiringe, welche durch-

gängig als Rohrdichtung benutzt werden, vor dem Ausspringen zu schützen. Da die elastische Gummidichtung zugleich die Möglichkeit bietet, der infolge wechselnder Temperatur unvermeidlichen Ausdehnung der Rohre nachzugeben, ohne dass ein Heben und Senken der Leitung herbeigeführt wird, so hat man die Einschaltung von Compensationsrohren mit Stopfbuchsen nicht für nöthig erachtet; indess möchte ich für lange Leitungen doch dieselben dringend empfehlen, da das Druckwasser durch mancherlei Umstände z. B. durch Beimengung von viel Condensationswasser aus der Dampfleitung, nach längerem Stillstande der Maschine einen hohen Wärmegrad annehmen und infolge dessen eine derartige Ausdehnung der Rohre eintreten kann, dass die Dichtung zur Ausgleichung nicht mehr hinreicht und ein Verziehen der ganzen Leitung bezw. ein Springen einzelner Rohre nicht ausgeschlosen bleibt. Bei der Rohrleitung im Alexanderschacht hat man eine solche Calamität insofern nicht zu befürchten, als, wie bereits in Abschnitt II gesagt, durch Zuführung von kaltem Wasser aus dem oberen Sumpf in das Pumpenbassin das Druckwasser sich niemals bedeutend erhitzen kann.

Die Verlagerung der Dampf- und Steigrohre ist auf Blatt 11 in Fig. 5 und 6 dargestellt. Zwischen die langen Schachtstösse sind in einem, den Durchmesser der Rohrflanschen um einige Millimeter übersteigenden Abstand zwei $285^{\mathrm{mm}}$ hohe und $166^{\mathrm{mm}}$ breite Tragstempel *T*, *T* von gesundem astfreiem Eichenholz eingetrieben und auf diesen ruhen die Rohre *A* und *B* mit den angegossenen durch Rippen verstärkten Fussplatten vollkommen sicher auf. An einigen Stellen, wo der Platz wegen der Backenhölzer des Gestänges der alten Maschine sehr beengt war, wurden statt der Eichenholztragstempel eiserne I-Träger verwendet. Insgesammt hat man, entsprechend der Anzahl der Stopfbuchsen, 12 Lager angebracht, so dass nur mässige Gewichte auf jeder einzelnen Stelle zu tragen sind.

Die Entfernung der Dampfrohre von den Steigrohren beträgt vom Fusspunkte der Leitung bis ersten Drucksatz $780^{\mathrm{mm}}$; über letzterem aber machte sich ein Auseinanderziehen der Rohre auf $900^{\mathrm{mm}}$ nothwendig, was man durch Einschaltung eines Knierohres in die Dampfleitung bewerkstelligte.

Ich brauche wol kaum zu erwähnen, dass der Einbau der Leitungen bei dem ausserordentlich beschränkten Raum im Kunstschachte mit sehr vielen Schwierigkeiten verknüpft war; indess wurde, Dank der umsichtigen Leitung des Obersteigers **Barth** und der Mithilfe tüchtiger Zimmerlinge, auch dieser Bau ohne jeden Unfall glücklich zu Ende geführt.

## IV. Betriebsresultate.

Die Maschine wurde am 26. Juli 1877 in Gang gesetzt und ist seitdem in regelmässigem Betriebe gewesen; sogleich am Anfang zeigte sich, dass dieselbe bei der angenommenen Kolbengeschwindigkeit von $0{,}888^{\mathrm{m}}$ pro Secunde den gestellten Anforderungen vollkommen entspricht.

Die Dichtungen der Dampf- wie der Druckrohrleitung erwiesen sich durchaus tüchtig und haben zu keinen Störungen bisher Veranlassung geboten. Die befürchtete Erwärmung des Schachtes ist infolge der sorgfältigen Einhüllung der Dampfleitung nur in sehr geringem Grade eingetreten und hat der Wetterwechsel daher auch keine erhebliche Aenderung erlitten.

Eine am 5. September 1877 unter Hrn. Ingenieur **Krause**'s Leitung angestellte Beobachtung ergab die folgenden Resultate:

Die Pumpenmaschine arbeitete mit $0{,}8$ Cylinderfüllung bei 2 bis $2{,}8$ Atm. Ueberdruck vor dem wenig geöffneten Absperrventil an der Maschine, wobei das Manometer am Windkessel $19^{\mathrm{k}}$ Ueberdruck und das Vacuummeter am Condensator $650^{\mathrm{mm}}$ zeigte. Der Stand des Manometers in der Nähe des Dampfventils war nahezu derselbe wie der des Manometers bei den über Tage aufgestellten Kesseln.

Die Temperatur des zufliessenden (angesaugten) Wassers betrug $17{,}4^{0}$ C., die des warmen Abflusswassers am Condensator 26 bis $26{,}4^{0}$ C. Die Maschine arbeitete mit 27 Spielen in der Minute und ging noch leistend bis mit 1 Atm. Dampfüberdruck. Auch konnte man die Tourenzahl bis auf 42 steigern, und blieb ihr Gang bei dieser hohen Kolbengeschwindigkeit ein gleich ruhiger wie bei der geringen. Ebenso functioniren die in der Pumpe arbeitenden Kugel-Terrassenventile äusserst präcis, wie man in dem gewölbten Raum deutlich vernehmen kann.

Was den Kohlenverbrauch betrifft, so liess sich derselbe für die unterirdische Maschine allein insofern nicht ermitteln, als, wie bereits erwähnt, die Dampfkesselanlage für diese und die beiden Fördermaschinen des Alexanderschachtes eine gemeinschaftliche ist, und letztere während des Betriebes der Pumpe fast durchgängig in Thätigkeit waren. Es konnten deshalb die Beobachtungen sich nur auf Constatirung des Minderconsums erstrecken, welcher gegenüber der alten Maschine nach Anlassen des unterirdischen Pumpenwerkes erzielt worden ist.

Nach einem sechszehntägigen Durchschnitt ist der Kohlenverbrauch für die beiden je 70 Pferde starken Fördermaschinen und die 200pferdige Wasserhaltungsmaschine zusammen zu $137{,}8^{\mathrm{hl}}$ in 12 Stunden gefunden worden, während derselbe seit Anlassen der Dampfpumpe nach einem 24tägigen Durchschnitt*) auf $79^{\mathrm{hl}}$ in 12 Stunden sich stellt. Da während der Beobachtungszeit von zusammen 40 Tagen einestheils die Förderung sich auf gleicher Höhe erhalten hat, mithin von den beiden Fördermaschinen dasselbe Dampfquantum verbraucht worden ist, anderentheils die zu hebenden Wassermengen nahezu die gleichen geblieben sind, so ist die Ersparniss von $58{,}8^{\mathrm{hl}}$ Kohlen ausschliesslich durch den Betrieb der unterirdischen Maschine erzielt worden.

Nimmt man den jetzigen Verkaufswerth eines Hektoliter Maschinenkohlen zu $0{,}25$ *M* an, so beträgt der

*) Die Beobachtungen über den Kohlenverbrauch wurden unter Aufsicht eines Beamten ausgeführt.

Gewinn in 12 Stunden 14,7 ℳ, mithin in 300 Arbeitstagen 4410 ℳ, welcher Gewinn natürlich noch viel bedeutender ausfällt, sobald die Kohlen wieder einen höheren Preis erlangen.

Die Maschine arbeitet bei normalen Verhältnissen täglich 12 Stunden und ist an Sonntagen in der Regel ganz ausser Wirksamkeit; nur bei verstärktem Wasserzugang wird sie ununterbrochen Tag und Nacht in Betrieb erhalten.

Die bei der unterirdischen Wasserhaltungsmaschine im Alexanderschacht erzielten ganz vorzüglichen Betriebsresultate sind um so höher zu schätzen und hier zu constatiren, als man bei vielen anderen unterirdischen Dampfpumpenanlagen des Königreichs Sachsen keine so glänzenden Erfahrungen gemacht hat und über dieselben häufig sehr abfällige Urteile vernimmt. —

Noch gestatte ich mir, Hrn. Bergdirector Rudert, nach dessen Angaben und unter dessen Leitung die in Vorstehendem beschriebene Maschinenanlage ausgeführt worden ist, für die mir bei dieser Abhandlung freundlichst gewährte Unterstützung, sowie nicht minder der Sächsischen Maschinenfabrik für die gütigst überlassenen Maschinenzeichnungen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

V. Kosten der unterirdischen Wasserhaltungsmaschine im Alexanderschacht.

| | | Mark | Mark | Pfg. |
|---|---|---|---|---|
| | **a) Kosten des Maschinenraumes.** | | | |
| 1. | Aushieb des Maschinenraumes von $458^{cbm}$ Inhalt, sowie der $13{,}6^{m}$ langen Fahrstrecke zu demselben und der Verbindungsstrecke mit dem Schacht: | | | |
| | a) Gewinnungs- und Förderungskosten | | 1 079 | 64 |
| | b) Schmiedekosten . . . . . . . . | | 32 | 60 |
| 2. | Ausmauerung des Maschinenraumes, der Fahrstrecke, des Fallortes nach der Sumpfstrecke, des Steigortes vom Schacht nach der Sumpfstrecke und eines Theiles der Sumpfstrecken sowie Herstellung des Maschinenfundamentes: | | | |
| | a) Maurer- und Handlangerlöhne . . . | | 3 011 | 37 |
| | b) Verwendete Materialien (Ziegel, Kalk) | | 3 526 | 80 |
| | **b) Kosten der Maschinenanlage.** | | | |
| 1. | Unterirdische horizontale Wasserhaltungsmaschine im Gewicht von $31\,750^{k}$ . . | | 15 000 | — |
| 2. | Warmwasserabflussrohr vom Condensator nach dem Bassin . . . . . . . . | | 216 | 35 |
| 3. | Einspritzrohr, bestehend aus 4 Rohren von Kupfer mit schmiedeeisernen Flanschen | | 335 | 15 |
| 4. | Montage der Maschine . . . . . . . . | | 329 | 50 |
| 5. | Steigrohrleitung im Gesammtgewicht von $19\,267{,}5^{k}$ à $100^{k}$ | 22,5 | 4 335 | 18 |
| 6. | Schrauben dazu, zusammen $273^{k}$ à $1^{k}$ | 0,80 | 218 | 40 |
| 7. | Dampfrohrleitung im Gewicht von $13934{,}5^{k}$ à $100^{k}$ | 25 | 3 483 | 60 |
| 8. | Schrauben dazu $180^{k}$ . . . . . . à $1^{k}$ | 0,80 | 144 | — |
| 9. | Verpackung der Dampfrohre: Material und Löhne . . . . . . . . . . . . . | | 2 000 | — |
| 10. | Dichtungs- und Liderungsmaterial zur Maschine und den Rohrleitungen . . . | | 200 | — |
| 11. | Für Einlassen der Maschinentheile, Hilfeleistung bei der Montirung, Einbau der gesammten Rohrleitungen sowie Reinigen und Räumen des Schachtes nach dem Einbau: | | | |
| | a) Zimmerlingslöhne, zus. 450 Schichten à | 4,00 | 1 800 | — |
| | b) Verwendete Materialien . . . . . | | 100 | — |
| | | | 35 812 | 59 |
| | Hiervon ab: Erlös für $506\,000^{k}$ beim Aushieb des Maschinenraumes gewonnene Kohlen . . . . . . . . . . à $100^{k}$ | 0,70 | 3 542 | — |
| | Mithin die für die Anlage erwachsenen Kosten | | 32 270 | 59 |

VI. Zusammenstellung der Gewichte der einzelnen Maschinentheile der unterirdischen Wasserhaltungsmaschine auf dem Alexanderschacht.

| Stück | Theile | Gewicht in k |
|---|---|---|
| | **a) Maschine.** | |
| 1 | Fundamentplatte zur Dampfmaschine . . . . | 2 437 |
| 1 | Dampfcylinder . . . . . . . . . . . . | 1 500 |
| 2 | Cylinderdeckel . . . . . . . . . . . | 663 |
| 1 | Kolben zum Dampfcylinder . . . . . . . . | 288 |
| 1 | Dampfkolbenstange | 163 |
| 1 | Schieberkasten . . . . . . . . . . . | 288 |
| 1 | Vorderer Schieberkastendeckel . . . . . . . | 130 |
| 1 | Absperrventilgehäuse . . . . . . . . . | 138 |
| 2 | Obergleise je $133^{k}$ . . . . . . . . | 266 |
| 2 | Untergleise je $207^{k}$ . . . . . . . . | 414 |
| 1 | Pleuelstange . . . . . . . . . . . . | 197 |
| 3 | Dampfeintrittrohre . . . . . . . . . . | 653 |
| 1 | Wassersammler . . . . . . . . . . . | 234 |
| 8 | Schwungradtheile und Rosette, zusammen . . . | 7 155 |
| 1 | Schwungradwelle . . . . . . . . . . | 1 094 |
| 1 | Lagerplatte zum hinteren Schwungradlager . . | 158 |
| 1 | Hinteres Schwungradlager . . . . . . . . | 354 |
| 1 | Vorderes Schwungradlager . . . . . . . . | 562 |
| | **b) Condensator.** | |
| 1 | Fundamentplatte zum Condensator . . . . . | 660 |
| 1 | Condensationscylinder . . . . . . . . . | 983 |
| 5 | Rohre zum Condensator . . . . . . . . | 724 |
| | **c) Pumpen.** | |
| 1 | Fundamentplatte zur Pumpe . . . . . . . | 1 471 |
| 2 | Pumpencylinder je $912^{k}$ . . . . . . . . | 1 824 |
| 2 | Stopfbuchsen zur Pumpe . . . . . . . . | 119 |
| 1 | Pumpenkolben . . . . . . . . . . . . | 181 |
| 1 | Windkessel . . . . . . . . . . . . | 406 |
| 1 | Fussstück zum Windkessel . . . . . . . . | 706 |
| 2 | Pumpenventilgehäuse je $400^{k}$ . . . . . . | 800 |
| 1 | Pumpencylinderdeckel . . . . . . . . . | 151 |
| 2 | Deckel zum Pumpenventil je $173^{k}$ . . . . . | 346 |
| 1 | Verbindungsrohr der Pumpenventilgehäuse . . | 358 |
| 1 | Gehäuse für die Rückfallklappe . . . . . . | 250 |
| | **d) Diverse kleine Maschinentheile** | |
| | im Gewicht von unter $100^{k}$, ad a), b) u. c), zusammen | 6 067 |
| | Gesammtgewicht der ganzen Maschine | 31 750 |

# Vermischtes.

## Ueber Röhren-Normalien.*)

Im Julihefte des vorigen Jahrganges d. Z. befindet sich eine Kritik des Hrn. Ingenieur Blecken über die s. Z. von dem Vereine deutscher Ingenieure sowie von dem Vereine der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands gemeinsam aufgestellten Normalien der gusseisernen Röhren u. s. w.

Es ist nicht der Zweck dieser Entgegnung, so weit auf den Inhalt dieser Kritik einzugehen, um z. B. den Vorwurf zu bekämpfen, es würde der Techniker durch schablonenmässige Vorschrift im eigenen Denken und Streben nach Vervollkommnung der Fabrikate abgehalten, es muss indessen nach der ausgeführten Kritik angenommen werden, dass der Verfasser derselben den in den Zeitschriften beider Vereine veröffentlichten Bericht der Motive für die Wahl dieser Normalien nicht berücksichtigt hat.

Es ist in diesem Berichte ausdrücklich gesagt, dass diese Normalien nach eingehender Berathung unter den Fachgenossen der Vereine und gemeinschaftlich mit den Fabrikanten dieser Materialien festgestellt sind.

Das Hauptprincip, einen normalen äusseren Durchmesser (das Modell) für die Röhren u. s. w. gemeinsam festzustellen, ist durch die Aufstellung der Normalien erreicht worden. Wünschenswerth, aber damals nicht durchführbar, wäre es gewesen, den äusseren Durchmesser in runden Zahlen einzuführen, es hätte aber dann der lichte Durchmesser Dimensionen erhalten, welche bei den Rechnungen u. s. w. ungeläufig würden und ein gänzliches Verlassen sämmtlicher vorhandenen Modelle erfordert hätten.

Es wurde s. Z. im Interesse der leichteren Durchführbarkeit, namentlich auf speciellen Wunsch der Giessereien beschlossen, sich den vorhandenen Modellen so viel als möglich anzuschliessen, was geschehen ist. Hätte man z. B. den äusseren Durchmesser nach der stufenweisen Eintheilung erwählt, wie es in unserer Tabelle mit dem lichten Durchmesser geschehen ist, so hätte man folgende Dimensionen erhalten:

| Aeusserer Rohrdurchmesser | Doppelte Wandstärke | Lichter Durchmesser |
|---|---|---|
| 100 | 18 | 82 |
| 200 | 22 | 178 |
| 300 | 26 | 274 |
| 400 | 29 | 371 |
| 500 | 32 | 468 |

u. s. w.

Der Zweck, den äusseren Rohrdurchmesser, also das eigentliche Rohrmodell, normal zu erhalten, ist indessen ebenso erreicht und zwar, wenn auch nicht in abgerundeten Zahlen, so doch in festen Zahlen, welche sich aus der Addition der festgestellten doppelten Normalwandstärke zu dem lichten Durchmesser ergeben.

Es betragen bei den Normalprofilen die äusseren Durchmesser der Röhren bezw. der Modelle

| Lichter Durchmesser | Doppelte Wandstärke | Aeusserer Durchmesser |
|---|---|---|
| 100 | 18 | 118 |
| 200 | 22 | 222 |
| 300 | 26 | 326 |
| 400 | 29 | 429 |
| 500 | 32 | 532 |

u. s. w.

*) Der Verein von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands hat Hrn. Baurath B. Salbach ersucht, eine Entgegnung auf die Besprechung der Gussröhren-Normalien durch Hrn. Ingenieur Blecken in der Zeitschrift abzufassen. Er folgte diesem Ersuchen, und geben wir seine Erwiderung im Folgenden, betrachten aber damit den Gegenstand als abgeschlossen, indem wir es der Praxis überlassen, das Richtige in dieser Frage zu finden und festzustellen.
D. Red.

Die erst genannte Feststellung der äusseren Röhrendurchmesser in runden Zahlen hätte aber die Verwendung solcher Röhren bei schon bestehenden Werken vollständig ausgeschlossen und die Giessereien gezwungen, doppelte Modelle zu halten.

In dem Motivenbericht ist ferner gesagt, dass die Normal-Wandstärke keineswegs absolut festgehalten zu werden braucht, zumal dieselbe sich durch die Behandlung des Rohrkernes leicht variiren lässt.

Man wird bei der neueren verbesserten Fabrikationsmethode einzelner Giessereien in der Lage sein, solchen Fabriken, welche durch Vorzüglichkeit ihrer Formmethode und durch gutes Material im Stande sind, schwächere Röhren mit genügender Festigkeit herzustellen, zu gestatten, gegen die festgesetzten Normalgewichte, durch geringe Vergrösserung des Kernes um gewisse Procente herunter zu gehen, wie das bereits längere Zeit gehandhabt wird, dass bestimmten Giessereien, oder für besondere Zwecke ein Nachlass von 7 bis 10 pCt. gestattet ist, damit diese ihre verbesserte Fabrikationsmethode und ihr besseres Eisen verwerthen können.

So bilden die Normal-Wandstärke und das Normalgewicht nur eine Handhabe zur Beurteilung, eine Feststellung der äusseren Form, und sollen nicht als eine Schablone angesehen werden, wie Hr. Blecken vermeinte.

Wie bereits oben angeführt war, werden durch Vergrösserung des Kernes die Wandstärke und das Gewicht des Rohres etwas geringer, und da der äussere Durchmesser unverändert bleibt, der lichte Durchmesser der Röhren etwas grösser.

Eine Verringerung des Normalgewichtes um 7 pCt. trägt in der Wandstärke aus

bei Rohren von $100^{mm}$ $500^{mm}$ $1000^{mm}$ lichter Weite (Normalmass)

Wandstärke $0{,}_{690}{}^{mm}$ $1{,}_{750}{}^{mm}$ $1{,}_{717}{}^{mm}$.

Es wird dadurch der
lichte Durchmesser $101{,}_{363}{}^{mm}$ $502{,}_{305}{}^{mm}$ $1003{,}_{433}{}^{mm}$.

Eine Verringerung des Normalgewichtes um 10 pCt. trägt in der Wandstärke aus

bei Rohren von $100^{mm}$ $500^{mm}$ $1000^{mm}$ lichter Weite (Normalmass)

Wandstärke $0{,}_{917}{}^{mm}$ $1{,}_{360}{}^{mm}$ $2{,}_{45}{}^{mm}$.

Es wird dadurch der
lichte Durchmesser $101{,}_{955}{}^{mm}$ $503{,}_{292}{}^{mm}$ $1004{,}_{902}{}^{mm}$.

Da diese Differenzen so verschwindend klein sind, so können sie kaum in Betracht kommen, zumal der etwas vergrösserte lichte Durchmesser niemals schaden wird. Es ist aber schwerlich anzunehmen, dass die Grenzen der zulässigen Wandstärke über das genannte Mass von 10 pCt. unter dem Normalgewicht hinausgehen werden, oder es könnte das nur in ganz besonderen Fällen eintreten.

Die Bestimmung der Normal-Wandstärken sowie die Form der Muffen und Flanschen sind nur aus einem Vergleich der bestehenden Formen und Dimensionen der renommirtesten Werke festgestellt worden. Es liegen diesen Abmessungen keine Formeln, sondern nur die Erfahrungen der bewährtesten Fachmänner und Werke zu Grunde. Die Zusammenstellung der vorhandenen Formeln hat ergeben, dass keine einzige an sich Resultate ergiebt, welche nicht durch Coefficienten regulirt werden muss, deren Bestimmung der praktischen Erfahrung zufällt.

Was die Wahl der Durchmesser betrifft, welche Hrn. Blecken zu tadeln beliebt, so ist ebenfalls s. Z. darauf aufmerksam gemacht worden, dass man da, wo eine kleinere Eintheilung, als sie die Tabelle bietet, gewünscht wird, dieselbe möglichst in der Theilung der in der Tabelle angegebenen Durchmesser wählen möge, z. B.

200 250 300
225 275

Bei grossen Zuleitungen von etwa $20000^{m}$, wie Hr. Blecken als Beispiel wählt, wird jede Giesserei, welche diesen Auftrag erhält, gern ein besonderes Modell machen,

wenn die Rechnung nicht eine Dimension angiebt, welche einer der in den Normal-Tabellen angegebenen nahe liegt, oder wenn der Auftraggeber selbst die sonderbarsten Launen entwickelt.

Weiterhin behauptet Hr. Blecken, es sei ein technischer Fehler, den Verstärkungsring am Ende des Rohres fortzulassen und verurteilt damit eine grosse Zahl der bewährtesten Fachmänner, welche lange vorher, ehe Hr. Blecken dieses Fach nur kannte, reiflich sich überlegten, was sie thaten. Die Gefahren, welche Hr. Blecken aus dem Fortlassen des Verstärkungsringes am Ende des Rohres ersehen will, sind sehr übertrieben. Es wird von manchen Seiten behauptet, dass das Rohrende durch den kleinen Wulst (Mandelring) gegen das Entstehen der Endrisse gesichert sei, welche die Röhren durch den Transport und durch das Zusammenstossen bei dem Sortiren erleiden. Diese Sicherung ist indessen sehr gering, fast verschwindend und eingebildet. Die Giessereien haben in eigenem Interesse zumeist jetzt das Verfahren eingeführt, die Röhren so zu verladen, dass dieselben durch dazwischen gelegte Taue und feste Verpackung gehindert werden, gegen einander zu stossen, bei Versendung der Röhren grösserer Durchmesser werden dieselben sogar vielfach mit dazwischen gelegten hölzernen Leisten verladen, welche durch eiserne Bolzen zusammengehalten werden. Wenn man dann das Abladen und den Weitertransport in gleicher Vorsicht behandelt, so kann man erwarten, dass keine Defecte an den Röhren sich in dieser Hinsicht bemerkbar machen.

Der Schluss des Röhrenendes in der Muffe ist bei guter Ausführung der Röhren sowol bei den Normalprofilen als auch bei den von Hrn. Blecken gewünschten Profilen der gleiche, bei schlechter Ausführung in beiden Fällen gleich mangelhaft.

Versuche mit Leitungen von Röhren grösserer Dimensionen, welche nach den Normalprofilen angefertigt waren, haben zur Genüge erwiesen, dass eine viel grössere Durchbiegung solcher Röhrentouren ohne Gefahr für die Haltbarkeit der Röhren eintreten kann, als man für Senkungen der Röhrentour überhaupt für zulässig erachten muss.

Die Wahl des allgemeinen Muffenprofils verhindert indessen nicht, den Ring am Ende des Rohres beizubehalten, auch kann das Innere der Muffe durch die äussere Form des Kernes beliebig variirt werden. Es ist in den Motiven ausdrücklich gesagt worden, dass in dieser Hinsicht die Giessereien den kleinen Eigenthümlichkeiten einzelner Besteller Rechnung tragen können. Die Hauptsache ist die Festhaltung des äusseren Rohres und des Modelles.

Was die Länge der Muffenröhren betrifft, so ist die in der Tabelle angegebene keinenfalls als bindend für den Fabrikanten und Consumenten der Röhren anzusehen. Da die Röhren verschiedenen Zwecken dienen, auch bei den früheren Verhandlungen verschiedene Meinungen über die erforderliche Länge der Röhren, namentlich der Flanschenröhren herrschten, so hatte man sich zu den in der Tabelle angegebenen Längen geeinigt. Deshalb war die Berechnung der Gewichte für die Längeneinheit einschl. und ohne Muffe und Flansch eingeführt, damit ein Jeder, welcher diese Tabelle benutzt, sich für jede Rohrlänge leicht das Gewicht zusammenstellen kann.

Die Längen der Absperrschieber u. s. w. waren von den Lieferanten dieser Apparate selbst angegeben worden.

Es hat s. Z. nicht geringe Mühe gekostet, die oft weit aus einander gehenden Interessen zu vereinigen, da erwogen werden muss, dass die Normaltabelle nicht allein dem Gas- und Wasserfache dienen, sondern dass sie allen anderen technischen Kreisen nutzbar sein soll. Dass häufig Fälle eintreten werden, wo der Constructeur sich nicht an diese Formen binden kann, ist selbstverständlich, auch dass man solche Normalien nicht mit dem ersten Gusse absolut richtig machen kann, und wird es allen Theilen erwünscht sein, wenn von Zeit zu Zeit eine weitere Besprechung und Revision erfolgt. Jeder Beitrag wird mit Dank angenommen werden, doch würde derselbe in etwas anderer Form erwünscht sein, als die Veranlassung zu dieser Entgegnung war.

Dass die Aufstellung der Tabelle indessen nicht unpraktisch war, erweist der Umstand, dass die Normen sich schneller bei den Consumenten und Lieferanten der Röhren und Apparate eingebürgert haben, als diejenigen selbst erwarteten, welche die Tabelle aufstellten, dass diese Normen selbst bis über die Grenzen Deutschlands Aufnahme gefunden haben.

Dresden, den 12. Januar 1879.

B. Salbach.

---

## Neue Fahrbohrmaschine und deren Anwendung für Eisenconstructions- und Brückenbauanstalten.

Von M. Symank.

(Hierzu Fig. 1 bis 7, Taf. X.)

Zur soliden Ausführung einer Eisenconstruction gehört bekanntlich in erster Linie eine gute Vernietung, welche wiederum glatte runde Nietlöcher bedingt, die der Niet beim Einstauchen dicht ausfüllen soll. Dies nun wird erreicht, wie auch Bahnverwaltungen, z. B. die Generaldirection der Reichseisenbahnen für Elsass-Lothringen für Brücken-Hauptträger mit Recht vorschreiben, wenn zusammengehörende Theile zusammengelegt auf einmal, oder mit anderen Worten in der sog. Zulage gebohrt werden. Meist hat man noch feste Wandbohrmaschinen, und es werden die einzelnen Stücke, z. B. bei Brücken, einzeln Stück für Stück vorgezeichnet, gebohrt, dann von Schlossern und Hilfsarbeitern zusammengebaut, verschraubt und verdornt. Jetzt beginnt vor dem Vernieten das Aufreiben, Nachreiben der Löcher. Da es ein Ding der Unmöglichkeit ist, die einzelnen Stücke so herzustellen, dass die über einander liegenden einzeln gebohrten Löcher genau auf einander passen, vielmehr stets grössere oder kleinere Abweichungen vorhanden sind, werden die aus diesem Grunde schon von vorn herein kleiner gebohrten Löcher mit einer Reibahle und meist einseitigen Windeisen glatt gerieben, die Unebenheiten beseitigt. Würde man nun solche Constructionstheile zugelegt unter Wandbohrmaschinen bohren wollen, so müssten die zusammen gebauten meist schweren und unbequemen Constructionstheile bewegt werden, eine immerhin platzraubende, langsame und kostspielige Arbeit, welche wol schwerlich heut zu Tage angewendet werden wird; denke man sich nur eine zusammengebaute Gurtung von $100^m$ u. s. w.

Rationell ist es demzufolge, die Bohrmaschine selbst auf eine bequeme Art über den zusammengebauten Constructionstheil zu bewegen und bei Construction einer solchen darauf Rücksicht zu nehmen, dass dieselbe leicht zu bedienen und auch leicht von Gewicht ist.

Tafel X, Fig. 1 bis 4 stellen eine solche bewegliche Bohrmaschine (Patent) dar, welche einen beliebig breiten und langen Arbeitsraum bestreichen kann, je nachdem deren Spurweite breit, deren Transmission und Laufbahn lang ausgeführt wird. Fig. 5 stellt den höchst einfachen Bohrmechanismus dar, bei welchem Antrieb, Druckerzeugung und Vorschub des Bohrers eng an einander gruppirt bewirkt werden. Das conische Rad *a* nimmt bei der Rotation mittelst einer Nuth die Bohrspindel *b* mit, welch letzterer durch Bewegung der Gewindebuchse *c* nach oben oder unten während der Rotation ihre Lage verändert. Die Bohrspindel selbst ist in ihrer höchsten wie tiefsten Lage gleich gut geführt, da die untere Spindelführung stets in derselben Entfernung vom Bohrer bleibt. Die oben darüber liegende Antriebachse *d* lässt sich bei dieser Anordnung beliebig nach beiden Seiten hin verlängern, da alle Theile unterhalb derselben liegen. Dieser Mechanismus nun bewegt sich quer zur Haupttransmission zwischen zwei Wangen, welche zu einem Wagen ausgebildet sind, der die Transmission entlang auf gewöhnlichen Grubenschienen läuft. Die Querbewegung des Bohrers erfolgt mittelst mehrgängiger Leitspindel durch das Handrad *e*; längs der Transmission den Schienen entlang wird die ganze Maschine mit Leichtigkeit durch Ziehen an der Kette *f* des Kettenrades fortbewegt. Während der Arbeit des Bohrens steht die Maschine unbeweglich. Der Bohrer arbeitet mit Selbstgang, daher glatte saubere Löcher mit den gewöhnlichen Flachbohrern zulässig, die Anwendung von Spiralbohrern nicht erforderlich ist. Sobald die Tiefe der Löcher mehrere Eisendicken beträgt, kann ein geschickter Mann zwei solcher Maschinen bedienen.

Der Antrieb der entweder runden genutheten oder vierkantigen Haupt-Transmissionsachse findet durch Riemen mit Los- und Festscheibe von dem einen Ende aus statt, Fig. 2. Die Achse ist, wie Fig. 6 zeigt, gekuppelt und wird durch Stützlager, Fig. 7, gelagert, welche, wenn die Fahrmaschine an einer Lagerstelle ankommt, herabgelassen werden. Der Hals des conischen Getriebes *g* ist bedeutend länger gemacht als die Lagerstelle, es tritt daher beim Passiren der letzteren für die Maschine kein Stillstand ein. Jede Maschine kann für sich, mittelst des Handrades *h*, welches auf die Friction *i* wirkt, ausgerückt werden.

Die Laufbahn lässt sich sowol im Freien als auch in jeder Werkstatt ohne grosse Kosten herstellen und kann beliebig ganz aus Holz, ganz aus Eisen oder aus Holz und Eisen hergestellt werden; ihre Unterstützung erfolgt am besten alle 5 bis 6m, die Lagerung der Transmission alle 3 bis 4m.

Es ist somit die Möglichkeit gegeben, mit einer oder mehreren leichten Bohrmaschinen einen je nach Wunsch breiten oder langen Raum zu bestreichen und innerhalb des Raumes, unbehindert durch die Maschinen, irgend welche Art der Arbeit auszuführen. Wegen ihrer Leichtbeweglichkeit lassen sich die Maschinen auch mit Vortheil zum Aufreiben verwenden, die Leistungsfähigkeit beträgt dann ungefähr das Dreifache der Handarbeit.

Die Vortheile einer solchen beweglichen Bohrmaschine sind folgende:

1) durchaus genaue, exacte Arbeit,
2) Ersparniss an der Arbeit des Vorzeichnens der Löcher,
3) Ersparniss am Transport des Materials,
4) Vollständiger Wegfall des Aufräumens der Löcher.

Die Bedeutung obiger Ersparnisse kann ich durch praktisch durchgeführte Vergleiche belegen. Beim Bohren von Gurtungen zu ein und denselben Brücken stellte sich die neue Methode um rund 30 pCt. billiger als die alte.

Die ersten fünf Maschinen dieser Art, von 3200mm Spurweite, für Löcher bis zu 40mm und 130mm Tiefe, arbeiten seit Anfang vorigen Jahres in den Werkstätten der A.-G. für Eisenindustrie und Brückenbau vorm. J. C. Harkort zu Duisburg und wird hier ein Raum von rund 100m damit befahren. Gebaut sind die Maschinen in der Werkzeugmaschinenfabrik der Herren Wagner & Co. in Dortmund, welchen ich auch den alleinigen Bau dieser Maschinen übertragen habe.

---

## Mechanismus zur Veränderung des Expansionsgrades bei oscillirenden Dampfmaschinen.

Von Stanislaus Lentner in Breslau.

(D. R.-P. No. 1706.)

(Hierzu Fig. 8 bis 12, Taf. X.)

Die Fig. 8 bis 12, Taf. X, stellen den oscillirenden Cylinder einer Dampfmaschine dar, bei welcher die Vertheilung des Dampfes lediglich durch die Oscillation des Cylinders bewirkt wird, indem derselbe mit seiner nach einem Kreisbogen gekrümmten Schieberbahn auf der an dieselbe dampfdicht anschliessenden Bahn des festgelagerten Steuerungskörpers gleitet. Die Expansionsvorrichtung in ihren einzelnen Theilen ist darin durch die Buchstaben *b*, *c*, *d*, *e* dargestellt.

Der Zugang des Dampfes zum Cylinder erfolgt durch die innere Höhlung des Steuerungskörpers, und wenn man die Oeffnung und Schliessung des in der Längenmitte des Steuerungskörpers liegenden Dampfeinströmungscanals zunächst ohne Rücksicht auf die Expansionsvorrichtung betrachtet, so findet sich, dass der Beginn der Oeffnung der Dampfeinströmung stets mit dem Beginn des Kolbenlaufes zusammenfällt, dass ferner die Oeffnung ihr Maximum erreicht, wenn der Kolben seinen halben Weg zurückgelegt hat und der Schluss der Oeffnung stattfindet, wenn der Kolben am anderen Ende seines Hubes angekommen ist.

Die Maschine arbeitet also mit voller Füllung des Cylinders; und hieran lässt sich ohne die Hinzufügung noch weiterer Constructionstheile auch nichts ändern.

Bei der in Nachstehendem erläuterten Expansionssteuerung ist in dem festgelagerten Steuerungskörper *a* ein beweglicher Kegelschieber *b* angebracht, dessen innere Höhlung der aus dem Kessel kommende Dampf nunmehr auf seinem Wege nach dem Cylinder zu durchströmen hat. Gleichzeitig ist in die bisher übliche einzige Dampfeinströmungsöffnung des Steuerungskörpers *a* ein Steg eingeschaltet, so dass auf diese Weise zwei gleich grosse Einströmungscanäle von ausreichendem Querschnitt gebildet werden, während die am Steuerungskörper *a* befindlichen beiden aussenliegenden Canäle, durch welche die Ausströmung des Dampfes erfolgt, unverändert geblieben sind.

Befindet sich nun der Dampfkolben in einem der todten Punkte, so ist die Stellung des Kegelschiebers eine solche, dass derjenige von den beiden Dampfeinströmungscanälen, welcher auf der Seite des abgehenden Dampfes liegt, durch den Kegelschieber *b* geschlossen, dagegen der andere vollständig geöffnet ist. In dieser Stellung befinden sich Kolben und Kegelschieber in der Zeichnung. Wird jetzt der Dampfkolben durch den einströmenden Dampf fortbewegt und dadurch der Cylinder in Oscillation versetzt, so macht der in der Höhlung des einen Dampfcylinder-Stützzapfens befestigte Doppelhebel *c* die schwingende Bewegung des Dampfcylinders mit. Diese Bewegung wird durch die Zugstangen *d*, *d* auf den unteren Doppelhebel *e*, welcher auf der Spindel *s* des Kegelschiebers *b* befestigt ist, übertragen. Es wird also, wenn der Dampfkolben aus der, aus der Zeichnung ersichtlichen Stellung durch den einströmenden Dampf nach links fortbewegt und die Kurbelwelle in der Richtung des Pfeiles in Rotation versetzt wird, der Dampfcylinder sammt dem auf dessen einen Stützzapfen befestigten Doppelhebel *c* im Punkte *h* eine abwärtsgehende Bewegung annehmen, welche durch die Zugstange *d* auf den unteren Doppelhebel *e* übertragen wird, woraus eine drehende Bewegung des Kegelschiebers, und zwar oben von links nach rechts resultirt, infolge dessen der Dampfeinströmungscanal rechts geschlossen wird.

Denkt man sich die Zugstange *d* im Punkte *h* des Doppelhebels *c* befestigt, so tritt der Moment, in welchem der Kegelschieber *b* den rechtseitigen Dampfeinströmungscanal abschliesst, dann ein, wenn der Dampfcylinder und mit demselben der Doppelhebel *c* seine tiefste Stellung in *i* erreicht hat, bezw. der Dampfkolben auf halbem Hube steht, und folglich würde die Maschine unter diesen Umständen mit halber Füllung arbeiten. Verschiebt man jedoch die Zugstange *d* vom Punkte *h* nach Punkt *k*, so tritt die Schliessung des rechtsseitigen Dampfeinströmungscanals infolge des verlängerten Hebelarmes am Doppelhebel *d* schon früher ein, als der Dampfcylinder und mit diesem der Doppelhebel *c* seinen tiefsten Schwingungspunkt erreicht hat, wovon die Folge ist, dass die Maschine nunmehr mit weniger als halber Füllung arbeitet. Auf diese Weise lässt sich durch Verschiebung der Zugstange *d* vom Punkt *h* nach Punkt *k* jeder beliebige Füllungsgrad erreichen, der zwischen $^1/_8$ bis $^1/_2$ Cylinderfüllung liegt.

Während der Dampfkolben vom todten Punkte rechts sich nach links bewegt, bleibt der linksseitige Dampfeinströmungscanal durch die Ueberdeckung der Cylinderschieberfläche vollständig geschlossen und tritt erst dann in Thätigkeit, wenn die Kolbenbewegung von links nach rechts beginnt, worauf dieselben Bewegungsverhältnisse auch für den Kegelschieber *b* ihren Fortgang nehmen, wie diese in obigem für das umgekehrte Kolbenspiel erläutert worden sind.

---

## Zur Erfindung der Dampfmaschine durch Papin.

Von Dr. E. Gerland.

(Vorgetragen in der Sitzung des hessischen Bezirksvereines vom 5. Februar 1879.)

Auf S. 1 des gegenwärtigen Bandes d. Z. hat es Hr. Springmann unternommen, einige „in neuerer Zeit aus dem Dunkel der Vergangenheit hervorgezogene Details der Papin'schen Arbeiten“ zu allgemeinerer Kenntniss zu bringen. Dies an sich sehr dankenswerthe Beginnen hat aber infolge der grossen Unvollständigkeit des dem genannten Herrn durch die Güte mehrerer Freunde zugängig gemachten Materials Ursache zu so schwerer Verkennung der Leistungen Papin's gegeben, dass es uns Pflicht erscheint, die entschiedenste Einsprache gegen die von Hrn. Springmann ausgesprochenen

Ansichten zu erheben. Von den neueren und neuesten Arbeiten über Papin scheint derselbe wenig oder nichts benutzt zu haben, nicht einmal die umfassenden Biographien Haag's in „La France protestante"*) und diejenige der Herren de la Saussaye und Péan**), die freilich in erster Linie hätten zu Rathe gezogen werden müssen. Sonst wäre es ihm wol nicht gleich im Anfange seiner Abhandlung begegnet, Papin's Vater zum protestantischen Pastor zu machen, während er Conseiller de Roi et receveur général des domaines du comté de Blois, allerdings Ancien de l'église war; sonst hätte er nicht den Zorn des Landgrafen Carl von Hessen zur Erklärung der Abreise Papin's von Cassel heraufbeschworen, obwol ihm dieser bis zuletzt gnädig gesinnt blieb, nicht das Trugbild einiger „englischer Freunde" hingestellt, an deren Mangel der Unglückliche ja gerade zu Grunde ging, um ihm die Zeichnung der Savery'schen und Newcomen'schen Maschine zukommen zu lassen, hauptsächlich aber hätte er wol nicht dem Manne, der von der Richtigkeit und Durchführbarkeit seiner Ideen und Erfindungen so fest überzeugt war, dass er für sie zum Märtyrer wurde, zugeschrieben, er sei zu der Ansicht gekommen, „dass er sich mit der Idee seiner Kolbenmaschine auf dem Irrwege befunden, und dass es Savery sei, der die Sache beim praktischen Ende erfasst habe."***)

Es ist hier nicht meine Absicht, den Antheil, den Papin an der Erfindung der Dampfmaschine hat, aus einander zu setzen, da diese Sache in de la Saussaye's und Péan's Buche erschöpfend behandelt ist. Ich möchte hier nur diejenigen Stellen aus Papin's Schriften und Briefen vorlegen, die jene Punkte aufs Vollständigste aufklären und aus denen ein Jeder sofort entnehmen kann, wieviel Haltbares an jenen Behauptungen des Hrn. Springmann ist, und mich fernerhin nur auf einige erläuternde Bemerkungen beschränken.

Die Maschine Papin's, die er in seinem lateinisch geschriebenen Werke: Neue Kunst, das Wasser mit Hilfe des Feuers auf das Wirksamste zu heben†), abbildet, bestand aus einem nahezu kugelförmigen mit Sicherheitsventil versehenen Kessel (Retorte), aus dem der Dampf vermittelst eines Hahnes in den Dampfcylinder eingelassen werden konnte. In diesen dringt von unten aus einem seitwärts angebrachten, trichterförmigen Gefässe durch ein sich nur nach dem Cylinder hin öffnendes Ventil das zu hebende Wasser ein, während die Verbindung mit dem Kessel aufgehoben ist, der Dampf aus dem Cylinder durch einen zweiten nunmehr geöffneten Hahn ausströmt, und hebt einen den Cylinder fast ausfüllenden Kolben (Schwimmer) von Hutform, bis der Dampfeinlasshahn wieder geöffnet wird. Der eintretende Dampf treibt dann mit kräftigem Stosse Kolben und Wasser wieder zurück und letzteres durch ein sich nach oben öffnendes Ventil in einen Windkessel, in welchen es sich durch ein Rohr ergiesst, das in der halben Höhe desselben endet. Infolge der ihm durch den Stoss des Dampfes ertheilten Geschwindigkeit presst es die im Windkessel befindliche Luft zusammen, welche, sich wieder ausdehnend, das Wasser in das Steigrohr treibt. Um die für den Gang der Maschine so äusserst wichtige Stosswirkung des Dampfes zu erhalten, wird in den inneren Raum des Kolbens durch eine mit Sicherheitsventil verschliessbare Oeffnung des Deckels ein sehr stark erhitztes Stück Eisen eingebracht, auf welches treffend der Dampf nochmals expandirt.

Die Erfindungsgeschichte dieser Maschine giebt die Vorrede der „Ars nova" folgendermassen: „Schon vor acht Jahren beehrte mich der erlauchte Fürst, Carl Landgraf zu Hessen mit dem Auftrage, eine Maschine zu construiren, in welcher Wasser mit Hilfe des Feuers in die Höhe gehoben werden könnte. Bereits im Jahre 1698 waren viele nicht unwichtige Versuche mittelst der genannten Maschine angestellt. Aber im November zerstörte das Eis die Maschine und führte die untere Platte (platismatium), die in den Fluss versunken war, hinweg; und da andere Geschäfte dazwischen kamen, ward die Sache nicht weiter fortgeführt.*)

Doch war dies schon nebst vielem Anderen erfunden und durch Wort und Schrift mitgetheilt; unter Anderen hatte ich auch dem berühmten Hrn. Leibniz geschrieben, dass wir nun durch die Kraft des Feuers Wasser höhen, nach einer Methode, welche der anderen vor einigen Jahren von mir veröffentlichten weit vorzuziehen sei**); denn die spätere Methode gebrauchte ausser der Saugkraft die andere, welche aus dem Drucke entspringt, welchen durch Wärme verdampftes Wasser auf andere Körper ausübt: vorher aber benutzte ich allein die Saugwirkung, deren Effect in viel engere Grenzen eingeschlossen ist. Hr. Leibniz aber bemerkte in seiner Antwort vom 29. Juli 1698, dass dies ihm selbst in den Sinn gekommen sei. Dies nun möchte ich nicht so verstanden haben, als wolle ich andeuten, dass Hr. Savery, welcher später dieselbe Erfindung in London drucken liess, sich unrechtmässiger Weise den Erfinder nenne. Ich zweifle nicht, dass er selbst dies ausdenken konnte, wie es auch andere thaten. Aber das eine wünsche ich, dass es alle wüssten, dass dem erlauchten Fürsten, dem Hrn. Landgrafen ein so nützlicher Plan zuerst von allen eingefallen ist.

Die Arbeit, welche auf die oben erwähnte Art unterbrochen wurde, wäre vielleicht länger liegen geblieben, wenn nicht Hr. Leibniz in einem Briefe vom 6. Januar 1705 mich mit der Frage beehrt hätte, was ich über die Maschine des Hrn. Thomas Savery, deren in London ausgeführte Zeichnung er mir gleichzeitig übersandte, dächte. Obgleich diese neue Construction von der Cassel'schen einigermassen verschieden war, und mir der die Zeichnung erläuternde Text fehlte, so übersah ich doch sofort, dass jene englische Maschine auf demselben Princip, wie die unsere beruhte, und es gereichte mir zur Ehre dieses dem erlauchten Fürsten zeigen zu können. So geschah es, dass Seine Hoheit den Vorsatz fasste, jene seine frühere so nützliche Erfindung, welche aber an weit mehr Fehlern litt, als es uns und den Engländern damals schien, wie im Folgenden auf das Deutlichste hervortreten wird, weiter zu führen. Das übrigens kann ich versichern, dass nicht ohne grossen Aufwand an Zeit, Arbeit und Kosten die Sache zu dem Grade der Vollendung, welchen sie jetzt zeigt, hat gebracht werden können. Es würde indessen zu weitläufig sein, alle Schwierigkeiten, welche wir überwanden, aufzuzählen und über alle Versuche, welche im entgegengesetzten Sinne ausfielen, als wir erwarteten, zu berichten. Ich will mich daher begnügen zu zeigen, worin diese Maschine, die wir jetzt construirten, vorzüglicher ist als die früher von uns construirte, wie auch als die, welche Hr. Savery kurz darauf entwarf. So wird erreicht sein, dass diejenigen, welche später unter jenen Constructionen zu wählen haben, gesichert vor der Gefahr des Irrthums vorgehen können: und mit leichter Mühe werden sie die grössten Vortheile geniessen. Allen aber mag es bekannt werden, dass die grossen Verdienste des erlauchten Fürsten um das allgemeine Wohl nicht allein darin bestehen, dass er als der erste diese nützliche Erfindung gemacht hat, sondern auch, dass er dieselbe trotz so vieler entgegenstehender Hindernisse so beharrlich und erfolgreich zu entwickeln nicht ermüdete."

In Cap. IV der „Ars nova" kommt dann Papin nochmals auf die Maschine Savery's zurück und führt (S. 25 bis 30) folgende fünf Punkte an, durch welche sich seine und des Landgrafen Maschine von der Savery's unterscheidet:

1) Die vom Feuer allseitig umgebene Retorte (der Kessel) wird leichter und intensiver erwärmt als der Boiler Savery's.

*) Eug. et Em. Haag, „La France protestante", Paris, 1858. T. 8. p. 106.

**) „La vie et les ouvrages de Denis Papin", Paris et Blois, 1869.

***) Rühlmann in seiner „Allgem. Maschinenlehre" I. S. 399 kommt, freilich im Jahre 1862, zu einem ähnlichen Resultat.

†) Ars nova ad Aquam ignis adminiculo efficacissime elevandam, Authore Dionysio Papin. Cassellis A. 1707. Ausserdem ist sie abgebildet in Leupoldt, „Theatrum machinarum" (Leipz., 1724), in Carl's „Repertorium der Experimentalphysik" XII. T. XIV, Fig. 3, in Belidor's „Architecture hydraulique" u. s. w.

*) Dies war eine Pumpmaschine, welche Wasser aus der Fulda in einen Thurm des in der Nähe derselben gelegenen landgräflichen Schlosses pumpen sollte. Vgl. de la Saussaye, S. 209.

**) Die von ihm gelegentlich der Anlage der Carlsaue bei Cassel erfundene, in „Acta Erud." Juni 1689 und „Recueil de diverses Pièces touchant quelques nouvelles Machines", Cassell 1695 beschriebene Centrifugalpumpe (Rotatilis Suctor et Pressor Hassiacus).

2) Der angewendete Kolben verhindert den so schädlichen Niederschlag der Dämpfe, wenn sie mit dem Wasser in Berührung kommen. „Aus sehr vielen Versuchen", sagt Papin, „habe ich ersehen, dass wenn das Wasser auch nur 25 Fuss hoch gehoben werden soll, die Condensation der Dämpfe und die Menge des in die Retorte einzuführenden Wassers so gross wird, so viel Zeit und Holz erforderlich ist, um das frische Wasser genügend zu erwärmen, dass ich kaum glaube, dass man aus jener Erfindung ohne Anwendung unseres Kolbens irgend welchen Nutzen wird ziehen können."

3) Die Retorte Savery's wird nur durch Ansaugen gefüllt. Dass dies ungenügend sei, hatten die Versuche Papin's von 1698 dargethan, weshalb er das Wasser durch hydraulischen Druck in seine Maschine treibt.

4) Die Einsetzung eines Stückes sehr heissen Eisens in den Theil des Kolbens, welchen der Dampf trifft, vermehrt die Wirkung desselben bedeutend.

5) Nur bei Anwendung des Kolbens ist man im Stande (wegen der dazu nöthigen Stosswirkung), das Wasser mit Hilfe der Ausdehnung der in einem Windkessel abgeschlossenen Luft auf jede beliebige Höhe zu heben.

Aus dem Vorgeführten geht demnach hervor, dass Papin den ersten genaueren Einblick in die Erfindung Savery's durch Leibniz am Anfange des Jahres 1705 erhielt. Dies war indessen nicht die erste Nachricht, die ihm über dieselbe zukam. Diese hatte er schon Mitte 1699 erhalten, aber es war ihm Nichts mitgetheilt, als die Thatsache der Erfindung. Er schreibt darüber*): „Le docteur Slare m'a mandé depuis peu d'Angleterre que, en présence d'un comité du Parlament, on a approuvé une machine pour lever l'eau par la force du feu; mais on ne me mande point de quelle manière la machine estoit construite."

Somit glauben wir erwiesen zu haben, dass Papin selbst durchaus nicht die Maschine Savery's für die praktischere gehalten oder gar sein Project zu Gunsten des Savery'schen aufgegeben hat, und so forderte er auch, als er nach seiner Abreise von Cassel London erreicht hatte, die Royal Society auf, ihm die Mittel zu einer Vergleichung der Wirkungen beider Maschinen auf experimentellem Wege zu gewähren, drang aber freilich, da sich der Präsident der Gesellschaft, Newton, dagegen erklärte, nicht durch.**) Immerhin erklärt sich die äusserst rücksichtsvolle Art, mit der er überall von Savery redet, wenn sie überhaupt einer Erklärung bedarf, aus der Hoffnung, die er bereits bei Abfassung der „Ars nova" auf die Royal Society, deren Mitglied er war, gesetzt hatte, diese möge ihm zur Ausführung seiner Ideen behilflich sein; ihr hatte er deshalb auch sein Buch gewidmet.

Das Verhältniss zum Landgrafen erfährt durch die vorgeführte Vorrede ebenfalls die eingehendste Beleuchtung. So hoch der Erfinder der Maschine von 1690 auch den Antheil seines fürstlichen Beschützers bei Construction der späteren Maschine anschlägt, so werden wir Papin darum nicht weniger für den Erfinder derselben zu halten haben; denn gerade das, was sie so sehr über die Savery'sche Maschine stellt, die Anwendung des Kolbens und die stossweise Wirkung des Dampfes zur Zusammendrückung der Luft im Windkessel, rühren nachweislich von ihm her. Dass aber das Verhältniss zum Landgrafen ungetrübt blieb und auch nicht im Entferntesten der Grund der Abreise Papin's wurde, das geht aus folgendem Briefe desselben an Leibniz, am 7. Juli 1707, also $2^1/_2$ Monate vor seinem Wegzug geschrieben, hervor***):

„Monsieur, vous sçavez qu'il y a long tems que je me plains d'avoir icy beaucoup d'ennemis trop puissans, je prenois pourtant patience; mais depuis peu j'ay éprouvé leur animosité de telle manière, qu'il y auroit eu trop de témérité à moy à oser vouloir demeurer plus long temps exposé à de tels dangers. Je suis persuadé pourtant que j'aurois obtenu justice si j'avois voulu faire un procès: mais je n'ay déjà fait perdre que trop de temps à S. A. pour mes petites affaires, et il vaut mieux céder et quitter la place que d'estre trop souvent obligé d'importuner un si grand prince. Je luy ay donc présenté ma requeste pour le supplier très humblement de m'accorder la permission de me retirer en Angleterre, et Son Altesse y a consenti avec des circumstances qui font croire qu'elle a encor, comme elle a toujours eu, plus de bonté pour moy que je ne mérite."

Der Landgraf war damals viel von Cassel abwesend, da er aber erst die Resultate der letzten Versuche Papin's sehen wollte, so hielt dies den Ungedaldigen noch mehrere Wochen zurück. Doch sah kurz vor seiner Abreise noch der Landgraf seine Versuche (die mit dem Ruderradschiff sind gemeint) und sprach ihm seine Befriedigung darüber aus. Alles dies sowie endlich der Umstand, dass Papin mit einem vom Landgrafen ausgestellten Pass abreiste*), zeigt doch wohl, dass sich in jenen $2^1/_2$ Monaten die Gesinnung desselben nicht änderte.

Beiläufig sei hier bemerkt, dass Papin in seinen Briefen und Schriften, soweit ich dieselben kenne, in ähnlicher Weise fremdes Verdienst in bescheidener Zurücksetzung des eigenen anerkennt. Womit mag er doch den Vorwurf einer „gewissen Arroganz", den ihm Hr. Springmann macht, verdient haben?

Die nun folgende Abreise von Cassel lässt auch Hr. Springmann der bis jetzt herrschenden Ansicht gemäss auf einem Dampfschiffe geschehen, deren Unhaltbarkeit ich in Bd. XX d. Z. glaube nachgewiesen zu haben. Ich weiss nicht, ob Hr. Springmann meine Arbeit eingesehen hat; das Citat derselben rührt von der Redaction her. Seine Abhandlung veranlasst mich indessen nicht, dem an der angeführten Stelle Gesagten etwas zuzufügen.

Es erübrigt nun noch, einige Worte über den im königl. Museum in Cassel aufbewahrten Cylinder zuzusetzen, dessen Form Hrn. Springmann die Annahme machen lässt, Papin habe seine Maschine gar nach Newcomen's Muster bauen wollen. Die Geschichte desselben habe ich früher bereits veröffentlicht.**) Aus derselben geht hervor, was ich bei späterer Gelegenheit noch besonders betont habe***), dass uns ausser der Ueberlieferung kein Zeugniss für seine Echtheit zu Gebote steht. Alle aus seiner Form gemachten Folgerungen sind deshalb mit Vorsicht aufzunehmen, aber dieselbe zwingt nicht zu derjenigen, die Hr. Springmann machen zu müssen glaubt, nämlich dass kein Deckel darauf hätte angebracht werden können. Allerdings besitzt er nur an einer Seite einen Flansch mit Schraubenlöchern, während er an der anderen nur mit einem Wulste versehen ist. Doch wissen wir ja gar nicht, welches seine obere und welches seine untere Seite war. Papin's Zeichnung ist keine Werkzeichnung, so dass durch diese die Frage nicht zu entscheiden ist. Immerhin aber lässt die Art, wie Papin das Rohr, welches dem Dampfcylinder das Wasser zuführen soll, zeichnet, sehr wohl die Möglichkeit zu, dass er eine andere Befestigung im Auge hatte als die gewöhnliche mit Schrauben. Der an dem Cylinder vorhandene Wulst liess wol eine Befestigung mittelst Eisenkittes, ähnlich der der Gasröhren u. s. w. zu, namentlich da an dieser Stelle nur ein wasserdichter Verschluss nöthig war, wie er bei Maschinen aus der früheren Zeit ja oft gefunden wird. Ist der Cylinder aber echt, so kann er, was auch de la Saussaye annimmt, nur der Dampfcylinder gewesen sein.

Das Vorgetragene wird den Leser in den Stand setzen, sich ein zutreffenderes Bild der Verdienste Papin's um die Erfindung der Dampfmaschine zu entwerfen, als es aus der Arbeit des Hrn. Springmann möglich sein dürfte.

---

*) de la Saussaye a. a. O. S. 209.

**) ebendas. S. 240 ff.

***) de la Saussaye S. 230, der aber das Datum unrichtig auf den 7. Aug. setzt. Zuerst ist der Brief von Rühlmann im „Notizbl. des Architekten- und Ingenieurvereines für das Königr. Hannover", Bd. I, S. 9 veröffentlicht.

*) Einfeld, Acten des Magistrats zu Münden u. des kurf. Amtes Münden in „Zeitschr. des histor. Vereines für Niedersachsen" vom Febr. 1850. Hannover 1854.

**) Carl's „Repertorium" a. a. O. Aus dieser Abhandlung sind die Notizen in den deutschen Katalog der internationalen Ausstellung wissenschaftlicher Apparate in London übergenommen.

***) Beschreibung der Sammlung astronomischer, geodätischer u. physikalischer Apparate im Königl. Museum zu Cassel. Cassel, 1878. S. 11.

### Nachtrag.

Während das Vorstehende bereits gedruckt wurde, erhielt ich von Hrn. Freiherrn Waitz v. Eschen aus dem Nachlasse des früheren Ministers Waitz v. Eschen einige Papiere über den Fulda-Diemel-Canal (Carlscanal) zur Einsicht, welche meines Wissens die einzigen noch vorhandenen Actenstücke über dies merkwürdige Project sind. Was Hr. Springmann darüber mittheilt, stammt aus einer von Henschel im 5. Bd. der „Zeitschr. des Vereines für hess. Gesch. u. Landeskunde" im Jahre 1850 veröffentlichten Notiz, derselben, in welcher sich auch die einzige vorhandene Angabe über die Bestimmung des noch vorhandenen Cylinders befindet. Henschel hat damit die Ueberlieferung aufbewahrt, die in Cassel über beide Gegenstände bestand. Dieselbe musste als vollkommen glaubwürdig betrachtet werden, so lange nicht noch vorhandene Actenstücke damit in Widerspruch traten. Dass dies in Betreff einiger untergeordneter Punkte der Fall ist, habe ich schon früher nachgewiesen.*) Dass die Angabe Henschel's auch in Bezug auf die Anlage des Canals nicht haltbar ist, dürfte aus den obigen Papieren sich ergeben.

Dieselben enthalten die Nachrichten über den Canal, welche 1785 im Auftrage des damaligen Ministers Waitz v. Eschen in Helmarshausen an der Diemel aus dem Munde der ältesten Leute daselbst gesammelt wurden. Die Thatsache selbst beweist, dass man schon damals in Cassel nichts Sicheres mehr über die Anlage des Landgrafen Carl wusste, und dieser Umstand muss uns bereits gegen die Angabe Henschel's misstrauisch machen. Die durch diese Nachforschungen erhaltenen Nachrichten lassen sie als ganz unhalthar erscheinen. Drei befragte Greise sagen aus, dass sie sich sehr wohl erinnern, dass der Canal durch ein zwischen Carlshafen und Hümme gehendes Marktschiff befahren sei und zwar ungefähr in den Jahren 1726 und 1727, dann aber sei die Schifffahrt wieder eingeschlafen, weil die Diemel nicht schiffbar hätte gehalten werden können, sondern immer wieder von Neuem mit grossen Kosten hätte vertieft werden müssen. Viel weiter als Hümme geht der Canal, der noch vorhanden ist, nicht. Er ist überhaupt nichts anderes als das corrigirte Bett des Flüsschens Esse, deren Wasser demnach in erster Linie den Canal gespeist hat. Ob man die Absicht hegte, ausserdem eine Pumpmaschine für seine Speisung zu verwenden, darüber wissen wir nichts. Wahrscheinlich ist es nicht, denn es ist nicht abzusehen, wo man das nöthige Wasser herbekommen sollte, da das des Flüsschens bereits benutzt war. Dass Papin bei der ganzen Sache überhaupt nicht betheiligt war, war mir, ohwol ich es früher auf die Autorität Henschel's hin, angenommen habe, bereits sehr unwahrscheinlich geworden, da er nie davon spricht, während er über alle seine Arbeiten aus der letzten Zeit seines Aufenthalts in Cassel genau an Leibniz berichtet, auch die von ihm construirte Maschine für einen anderen Zweck bestimmt war. Man wird auch nicht daran denken können, dass, nachdem er bereits 20 Jahre Cassel verlassen hatte, die durch seine Abreise unterbrochenen Arbeiten nun erst wieder aufgenommen und zu dem angegebenen Ende weiter geführt wurden. Man wird sogar daraus mit Sicherheit schliessen müssen, dass dies nicht geschah, dass der Landgraf seine mit Papin begonnenen Arbeiten nicht liegen liess, und so wollen wir hier die Notiz auch nicht unterdrücken, dass die erste Dampfmaschine in Deutschland der Landgraf Carl an der alten Wallmauer in der Nähe des Kunsthauses durch den kaiserlichen Rath und Baumeister Jos. Em. Fischer 1722 aufstellen liess, die einen Springbrunnen treiben sollte, dass dies aber keine Papin'sche, sondern eine Savery'sche Maschine war.**) Weidler, dem wir diese Notiz verdanken, hat zwar auch schon den traurigen Irrthum, dass Papin in seiner „Ars nova" die Savery'sche Maschine zu verbessern gesucht habe. Doch aber ist seine Notiz durch ein im Museum zu Cassel aufbewahrtes Actenstück vom 15. April 1765 auf das Ausreichendste bestätigt. Darin schlägt Waitz v. Eschen vor, den Schuppen, in dem „die ehemahlen von dem Baron Fischer verfertigte sogenannte Feuermaschine bey dem hiesigen Kunsthause steht", der aber baufällig geworden, da die Maschine in ihrer „jetzigen Construktion mit Effect nicht ganghahr" sei, wegzunehmen, sie zu verkaufen und aus dem Erlöse ein Modell derselben machen zu lassen, „als dieselbe ihren Ursprung des höchstseeligen Herrn Land Graffen Carls höchsten Bemühungen zu danken." Es wurde damals angeordnet einen neuen Schuppen zu bauen, was später aus der Maschine geworden ist, ist unbekannt.

Hiernach kann man sich freilich der Consequenz nicht entziehen, dass der als Papin's Dampfcylinder im Casseler Museum aufgestellte Cylinder schwerlich von Papin herrührt. Wozu er bestimmt war und woher er stammt, darüber ist freilich einstweilen noch nichts anzugeben.

*) Costa und Gerland, „Beschreibung der Sammlung astronomischer, geodätischer und physikalischer Apparate im königl. Museum zu Cassel. Cassel, 1878.

**) Weidleri Tractatus de Machinis hydraulicis toto terrarum orbe maximis Marlyensi et Londinensi et aliis rarioribus similibus. Ed. II. Vitembergae, 1733. p. 86.

## Technische Literatur.

### Mathematik.

**Handbuch der Vermessungskunde** von Dr. W. Jordan, Prof. der Vermessungskunde am grossherzogl. Polytechnikum zu Karlsruhe. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage des „Taschenbuches der prakt. Geometrie". Erster Band: (Theil I) Methode der kleinsten Quadrate und (Theil II) Niedere Geodäsie. 717 S. (Preis 14 ℳ.) Zweiter Band: (Theil III) Höhere Geodäsie. 492 S. (Preis 10 ℳ.) Stuttgart, 1877 u. 1878. J. B. Metzler. —

Bereits auf S. 94 und 282 des vorigen Jahrganges d. Z. hatten wir Gelegenheit, das vorliegende Handbuch kurz zu erwähnen. Nachdem nunmehr das Werk durch den zweiten Band abgeschlossen ist, sind wir es dem verdienten Verfasser schuldig, auf den Gegenstand noch einmal zurückzukommen.

Im ersten Bande, dessen Inhalt wir früher bereits allgemein bezeichneten, stellt uns der Verfasser, seinem Streben gemäss, den jetzigen Stand der gesammten Vermessungspraxis in der vollendetsten Weise wissenschaftlich dar. Auf breitester theoretischer Basis aus seinem Taschenbuche systematisch heraus entwickelt, geht diese Darstellung allerdings weit über das gewöhnliche Bedürfniss hinaus und gewährt demjenigen, der sich über das gewöhnliche Niveau handwerksmässiger Kunstausübung erhebt, durch die kritische Behandlung aller Methoden bezüglich ihrer Anwendung ein bedeutendes Material. Dass eine solche ausgedehnte wissenschaftliche Behandlung der einzelnen Aufgaben in der niederen Geodäsie bei unserer landläufigen Vermessungspraxis nicht möglich, auch gewissermassen unnöthig, sieht der Verfasser selbst voraus und gewinnt durch Erfahrung auch die Ueberzeugung. Form, Methode der Darstellung und Anordnung des Stoffs sind gegen die älteren Handbücher der Vermessungskunde anderer Autoren wesentlich abweichend, wobei sich nicht behaupten lässt, dass sie weniger zweckentsprechend seien. Denn die theoretische Behandlung der Instrumente vor bezw. im Zusammenhange mit den durch sie zu bewirkenden Operationen hat entschieden mehrfache Vorzüge gegenüber einer getrennten classificirten Behandlung. Die Anordnung entspricht der praktischen Forderung des Fortschreitens vom Einfachen zum Zusammengesetzten. Die Instrumente, figürliche Darstellung der Probleme bezw. der aus der Praxis genommenen Beispiele, sind mittelst einfacher aber deutlicher Holzschnitte in den Text hineingedruckt. Die Fülle der beigegebenen Hilfstafeln kommt der Praxis sehr zu statten.

Wir müssen daher anerkennen, dass hier die Vermessungskunde in einer Weise zur Darstellung gebracht ist, welche die Zuziehung anderweitiger Abhandlungen über einzelne specielle Gegenstände für den Ingenieur als überflüssig erscheinen lässt.

Im zweiten Bande wird die höhere Geodäsie, d. h. diejenigen Operationen und Berechnungen behandelt, welche bei einer rationellen Landesvermessung im Grossen durch die Rücksichtnahme auf die Erdkrümmung bedingt und worunter auch die Gradmessungsarbeiten inbegriffen sind. Der Verfasser tritt für eine möglichst praktische und nüchterne Behandlung der Geodäsie ein und will es versucht haben, das

gesammte niedere und höhere Vermessungswesen aus einem gemeinsamen Gesichtspunkte zu erfassen und aus gemeinsamen Principien zu entwickeln. Die sphärische Triangulirung und deren Ausgleichung hat der Verfasser am ausführlichsten behandelt und besonders Uebersicht der Methoden und Vergleichung der Genauigkeitsergebnisse zu erreichen sich bemüht. Wir wünschen zugleich mit ihm, dass der bekannten Zerfahrenheit vieler deutschen Vermessungen, welche erst kürzlich zu einem Mahnruf im preussischen Abgeordnetenhause Veranlassung gewesen ist, durch eine organische Verbindung aller Vermessungen, Nivellirungen zu Grad-, Landesvermessungs-, Steuer- und Grundbuchzwecken abgeholfen werden möge. M.-K.

## Physik.

**Technologie der Elektricität und des Magnetismus.** Zum Gebrauche für Techniker, Ingenieure, bei Vorlesungen und zum Selbstunterricht. Von Rinaldo Ferrini, Prof. am königl. technischen Institut zu Mailand. Unter Mitwirkung des Verfassers aus dem Italienischen von M. Schröter, Privatdocent am eidgen. Polytechnikum. Mit 153 Holzschnitten. 576 S. Jena, 1879. Herm. Costenoble. —

Das vorliegende Werk ist in folgende zwölf Capitel getheilt: 1) Grundzüge der Potentialtheorie. 2) Von den Magneten. 3) Messung des elektrischen Potentials und der elektrischen Capacität. 4) Der elektrische Strom. 5) Von der Stromstärke und deren Messung. 6) Widerstandsmessungen. Bestimmung der Constanten der Elektromotoren. 7) Inductions-Elektromotoren. Magnet-elektrische und dynamo-elektrische Maschinen. 8) Elektromagnete und elektromagnetische Motoren. 9) Minenentzündung. Elektrische Beleuchtung. 10) Elektrische Telegraphie. Die Leitung. 11) Die telegraphischen Apparate. Das Telegraphiren. 12) Einige andere Anwendungen. (Die Telephone, elektrische Uhren, elektrische Signalapparate, Elektrometallurgie, Messung sehr kleiner Zeitintervalle u. a.)

Diese Uebersicht zeigt, dass uns nicht nur eine Beschreibung der für die Technik wichtigen Apparate geboten wird und sich ihre Erklärung nicht auf eine Anwendung der elementarsten Begriffe und Gesetze aus der Elektricitätslehre beschränkt. Wir haben vielmehr ein Lehrbuch der wissenschaftlichen Technologie der Elektricität und des Magnetismus vor uns, wie es in analoger Weise der Verf. in seiner kurz zuvor erschienenen Technologie der Wärme gebracht hat. Das günstige Urteil, welches die Presse über letztere ausgesprochen, verdient auch das vorliegende Werk, es kann Jedem empfohlen werden, der sich auf diesem Gebiete belehren will, mag ihm die Kenntniss der Apparate oder ihre Erklärung das Hauptziel sein. Für Illustration ist durch eine reichliche Menge von aus dem italienischen Originale entnommenen Zeichnungen gesorgt; wenn wir erwähnen, dass diese in Hinsicht auf Schönheit und Feinheit der Ausführung sich nicht mit denjenigen messen können, mit welchen unsere deutschen Verleger solche Werke auszustatten pflegen, so wollen wir hiermit keinen Vorwurf aussprechen, zumal wir zugeben müssen, dass wir in dieser Beziehung durch einen häufig unnöthigen Luxus verwöhnt worden sind. Mehr als die Eleganz der Zeichnungen wird es der Leser beim Studium des Buches vermissen, dass nicht, wie sonst üblich, die verschiedenen Theile der Apparate und Maschinen mit Buchstaben in Zeichnung und Beschreibung bezeichnet sind.

Die vorzügliche Uebersetzung lässt vergessen, dass das Werk nicht ursprünglich in deutscher Sprache geschrieben ist; dass auch der Uebersetzer an einer Lehranstalt des Auslandes wirkt, erklärt, dass in einigen Fällen den deutschen Verhältnissen weniger Rechnung getragen ist, als wir es von einem vorzugsweise für deutsche Leser bestimmten Werke erwarten müssten. So ist z. B. das Meidinger'sche Element nicht beschrieben, sondern von ihm nur gesagt: „das Houdin'sche und Meidinger'sche Element lehnen sich theils an das von Callaud, theils an das von Parelli und Verité construirte an.“ Freilich stimmt es nach der vorhergehenden kurzen Beschreibung des Callaud'schen Elementes mit diesem im Wesentlichen überein; eine besondere Berücksichtigung hätte es aber wohl wegen seiner grossen Verbreitung im deutschen Telegraphenwesen verdient, während mit Schellen („Der elektromagnetische Telegraph“, S. 33) gesagt werden konnte, dass das Callaud'sche Element in Frankreich dieselbe Rolle spielt wie das Meidinger'sche in Deutschland. Ls.

## Feuerungen und Dampfkessel.

**Technologie der Wärme,** Feuerungsanlagen, Kamine, Oefen, Heizung und Ventilation der Gebäude u. s. w., von Rinaldo Ferrini, Prof. am höheren königl. technischen Institut zu Mailand. Unter Mitwirkung des Verfassers aus dem Italienischen von M. Schröter, Privatdocent u. s. w. am eidgen. Polytechnikum in Zürich. Mit einem einleitenden Vorwort von Prof. Dr. Gustav Zeuner, königl. sächs. Geh. Bergrath u. s. w. Mit 123 in den Text gedruckten Holzschnitten. 514 S. (Preis 15 *M.*) Jena, 1878. Hermann Costenoble. —

Wenn auch das Werk von Péclet, als das erste, welches die theoretischen Ergebnisse der Wärmelehre für die Praxis verwerthete, und wegen seines Reichthums an selbstgefundenem Beobachtungsmaterial als wirklich classisch seinen hohen Ruf und Werth nie verlieren wird, so konnte es nach dem Tode seines Verfassers nicht mehr allen Ansprüchen an Vollständigkeit gerecht werden, weil die seitdem gewonnenen Resultate in der praktischen Wärmelehre darin nicht enthalten waren. Es erscheint daher als eine verdienstvolle Aufgabe des vorliegenden Buches, in gleich gediegener wissenschaftlicher Darstellung die für die Praxis der Wärmeverwerthung massgebenden Ansichten und Resultate bis in die neueste Zeit zusammen zu fassen, die sein Verfasser, wenige Abschnitte ausgenommen, auch glücklich zu lösen verstanden hat. Konnte er auch nur wenige eigene Beobachtungen hinzufügen, so hat er doch mit grosser Gewissenhaftigkeit Alles gesammelt und aufgenommen, was neuere Forschungen auf dem bearbeiteten Felde zu Tage gebracht haben.

Der Hauptsache nach zerfällt das Buch in drei Theile: die theoretische Wärmelehre, die Anwendung ihrer Principien auf Feuerungsanlagen und die Anwendung auf Heizung und Ventilation.

Im ersten Capitel behandelt der Verfasser die Thermometrie und bringt zunächst neben der Beschreibung der üblichen Apparate die Darstellung verschiedener Methoden zur Prüfung und Correctur derselben für genaue Messungen, das Joule'sche Verfahren zur Messung der Lufttemperatur und eine Methode des Verfassers zum Messen der Temperatur von Flüssigkeiten, Apparate zur Temperaturbestimmung von Dampf, Rauchgasen und die Messung der Temperatur fester Körper. Den Schluss bilden die Apparate zur Temperatursignalisirung und die Pyrometer, von welchen ausser den bekannteren älteren Apparaten die von Polly und Codazza besprochen werden. Das zweite Capitel über Calorimetrie stellt zunächst die einschlägigen Begriffe fest und behandelt dann die Apparate und Verfahren zur Bestimmung von Temperaturen durch Calorimeter. Beigegeben sind die wichtigeren Tabellen über Schmelz- und Siedepunkte, Schmelz- und Verdampfungswärme u. s. w. Interessant ist das nächste Capitel, welches in ausführlicher theoretischer Ableitung die Gesetze des Ueberganges der Wärme von einer Flüssigkeit zu einer anderen durch eine überall gleich dicke Wand entwickelt. Es werden darin die drei möglichen Fälle der Ruhe beider Flüssigkeiten, der gleichgerichteten und Gegenströmung derselben mit Rücksicht auf die Vorkommnisse bei Dampfkesseln, Caloriferen u. s. w. erörtert, auch für die complicirteren genauen Gleichungen brauchbare Näherungsformeln abgeleitet. Das vierte Capitel giebt die für die Praxis direct verwendbaren Sätze der mechanischen Wärmetheorie.

Konnten wir an den eben angeführten Capiteln rühmen, dass der Verfasser es verstanden hat, trotz knapper Darstellung eine genügende Vollständigkeit zu erzielen, so finden wir in den nachfolgenden mehrfache Lücken, die namentlich den rein praktischen Theil, die Beschreibung der Oefen u. s. w. betreffen. Das siebente und zehnte Capitel, von den Feuerungsanlagen und von der Erwärmung fester Körper handelnd, zeigen, dass der Verfasser hier nicht auf specieller Sachkenntniss fusste; u. A. sind neuere Roststäbe nicht angeführt,

die Gasfeuerung ist ziemlich stiefmütterlich behandelt, andererseits sind wieder als Beispiele Anlagen aufgeführt, die sich nicht gerade glänzend bewährt haben. Die übrigen Capitel dieses Abschnittes, über Brennmaterialien, die allgemeine Theorie der Schornsteine, andere Mittel der Zugerzeugung, Nutzeffect der Feuerungsanlagen und zum Theil auch Capitel 11: Erwärmung der Flüssigkeiten, sind recht verdienstvoll gearbeitet.

Das Gleiche darf von dem dritten Abschnitte behauptet werden, welcher in Cap. 12 für die Heizung der Gebäude zunächst die Formeln für die Berechnung aufstellt und dann die verschiedenen Arten der Heizung und zugehörigen Apparate bespricht. Recht werthvoll sind hier die Berechnungen bestehender und bewährter Anlagen, namentlich für Centralheizungen, auf Grund der früher entwickelten Formeln. Das 13. Capitel über Ventilation ist in ähnlicher Art behandelt und stellt namentlich sehr verständige Grundsätze für die an eine gute Ventilation zu stellenden Anforderungen auf. Das Schlusscapitel über Trockenapparate bringt das Wichtigste über diesen besonderen Zweig der Wärmetechnik.

Wenn wir auch an einigen Stellen des Buches Gelegenheit zu Ausstellungen fanden, so müssen wir doch zugeben, dass diese gegen die sonstigen Verdienste desselben wenig ins Gewicht fallen; wir können das Werk zum Studium der angewandten Wärmelehre bestens empfehlen.

Von der Uebersetzung haben wir zu rühmen, dass sie in gutem Deutsch abgefasst ist; der Uebersetzer hat in Anmerkungen einige Auslassungen des Verfassers passend ergänzt.

R. Z.

## Chemische Technologie.

**Grundriss der chemischen Technologie** von Dr. Jul. Post, Privatdocent in Göttingen. II. Hälfte. 707 S. Berlin, 1879. Robert Oppenheim. —

Mit dieser zweiten Hälfte ist das vortreffliche Buch abgeschlossen, wie wir beim Erscheinen der ersten Hälfte angezeigt haben (Bd. XXI, S. 285). Wenn diese nach der Classification des Verfassers die Darstellung der in andere Theile der chemischen Industrie wandernden und dort weiter zu verarbeitenden Rohproducte enthielt, so bringt die vorliegende Hälfte die Fabrikation der dem allgemeinen Consum dienenden Endproducte und zwar: Glas (S. 1 bis 53), Thonwaren (S. 54 bis 81), Gyps und Mörtel (S. 82 bis 111), Explosivstoffe (S. 112 bis 130), Phosphor und Zündhölzchen (S. 131 bis 143), Düngerfabrikation (S. 144 bis 151), Schwefelkohlenstoff (S. 152 bis 156), Fettindustrie einschl. Seife und Schmiermittel (S. 157 bis 209), Stärke, Dextrin u. s. w. (S. 210 bis 249), Zucker (S. 250 bis 322), Gährungsgewerbe (S. 323 bis 447), Farbstoffe (S. 448 bis 572), Färberei und Druckerei (S. 573 bis 612), Gerberei (S. 613 bis 639), Leim (S. 640 bis 651), kleinere Industrien: Oxalsäure, Weinsteinsäure, Benzoësäure. Unsere Vermuthung, dass das System in der graphischen Darstellung in Band I sich nicht würde consequent durchführen lassen, ist also bestätigt; wir constatiren, dass wir richtig voraussahen, dass wir die dort unter den Endproducten aufgeführten „Metalle“ im zweiten Theile nicht wiederfinden würden, und ebenso wenig konnten Kochsalz und Chlorkalk noch einmal vorgeführt werden. Doch nur weil die Kritik nicht darüber hinwegsehen durfte, haben wir dies hier erwähnt und sprechen es gern aus, dass diese Disposition das Einzige in dem Buche ist, das wir nicht loben konnten. Die Vorzüge, die wir an dem ersten Bande erwähnten, finden wir auch im zweiten und wünschen dem Verfasser dazu Glück, dass es ihm gelungen ist, für jedes einzelne Capitel den Beistand und Rath von namhaften Autoritäten zu gewinnen, da er hierdurch das Ziel erreicht hat, eine Uebersicht über den heutigen Zustand der chemischen Industrie zu geben.

Unerwähnt darf nicht bleiben, dass auf die Auswahl von Abbildungen die Sorgfalt verwendet ist, die wir im ersten Bande theilweise vermissten.

Ls.

## Dampfmaschinen.

**Die Steuerungen der Dampfmaschinen** von Emil Blaha, Ingenieur und Privatdocent am k. k. deutschen Polytechnikum in Prag. Mit 214 Figuren auf 24 lithographirten Tafeln. 150 S. (Preis 7 *M.*) Berlin, 1878. Julius Springer. —

Diese Arbeit ist die preisgekrönte Lösung einer am k. k. deutschen Polytechnikum zu Prag im Jahre 1875 gestellten Aufgabe. Das so reiche und vielbearbeitete Gebiet der Steuerungen hat der Verfasser eingetheilt in Steuerungen:

a) mit einem Schieber,

b) mit einem Expansionsschieber,

c) Ventilsteuerungen bei Maschinen mit und ohne Rotation (Kataraktsteuerungen),

d) Ventilsteuerungen, deren Expansion durch den Regulator verstellbar ist, als: die ursprüngliche Corliss-Steuerung und Modificationen derselben, die Sulzer-Steuerung und eine Schiebersteuerung von Dautzenberg, bei welcher unter Anwendung der Sulzer'schen Auslösung die Expansionsschieber nicht vermittelst einer Stahlfeder, sondern durch den Druck des Dampfes auf die Schieberstange zum Schluss gebracht werden,

e) Drehschiebersteuerungen mit planen und kegelförmigen Schiebern (Hahnsteuerungen), oscillirenden oder auch stetig rotirend.

Der Verfasser hat es verstanden, bei aller Kürze der Darstellung deren Verständlichkeit zu wahren und somit auf den 150 Seiten des Buches und den sauber lithographirten Tafeln viel Belehrendes und auch manchem erfahrenen Constructeur Unbekanntes zu bringen, wogegen dieser aber auch einige der wichtigsten und die neuesten Systeme von durch den Regulator verstellbaren Expansionssteuerungen vermissen wird. Dazu rechnen wir Folgende: die Steuerung der oscillirenden Motoren, die Vorsteuerungen im Allgemeinen und im Besonderen die Davey'sche Differenzialsteuerung für Dampfpumpwerke zur Sicherung im Fall eines Gestängebruches (U. a. Dingler's „Polytechn. Journ.“, Bd. 219, S. 10); die Steuerung mit einem auf das Expansionsventil wirkenden Herzstück (Bd. XII, S. 489, d. Z.); die Collmann-Steuerung (Bd. XXII, S. 341, d. Z. und 1879, S. 69, d. W.), die Brown-sche Steuerung (Dingler's „Polytechn. Journ.“, Bd. 229, S. 497 und „Prakt. Maschinen-Constructeur“, 1879, S. 25), bei welcher die Abschlussorgane ebenso wie bei der Collmann'schen nicht angeschnellt, sondern angedrückt werden.

R. W.

## Landwirthschaftliche Maschinen.

**Jahresbericht über die Fortschritte im landwirthschaftlichen Maschinenwesen.** Vierter Jahrgang. Im Auftrage des Vorstandes der Prüfungsstation für landwirthschaftliche Geräthe und Maschinen zu Halle a/S. von Dr. Albert Wüst, Prof. an der Universität zu Halle u. s. w. Mit 116 Abbildungen und einem Bezugsquellenverzeichniss landwirthschaftlicher Maschinen und Geräthe. (Preis 5 *M.*) Berlin, 1879. Wiegandt, Hempel & Parey. —

Wie bisher wird auch der vorliegende vierte Jahresbericht allen, die sich für landwirthschaftliche Maschinen interessiren, einen willkommenen Ueberblick über die Fortschritte und Bestrebungen der Fachleute im letzten Jahre darbieten. Er zeigt, dass man nicht blos im Auslande sich bemüht, das landwirthschaftliche Maschinenwesen zu fördern. Besonders bemerkenswerth erscheinen uns die Notizen über Luftmaschinen, Windräder, Kartoffellege- und Erntemaschinen, Mähemaschinen mit Garbenbindern, Maisrebler, Samenreiniger, Schrotmühlen, Lefeld's Centrifugal-Aufrahmungsmaschine, Heupressen, verlegbaren Eisenbahnen u. s. w., dann die Berichte der Prüfungsstation. Da der Verfasser den Stoff in derselben Weise wie früher behandelt hat, bedarf dieser vierte Bericht wol keiner besonderen Empfehlung.

E. G.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

Fig. 1.
SHAND, MASON & Co.
Aeltere Construction.

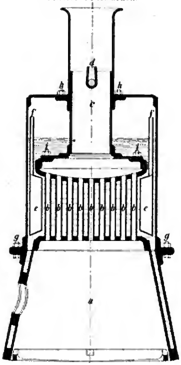


Fig. 2.
PH. MAYER.

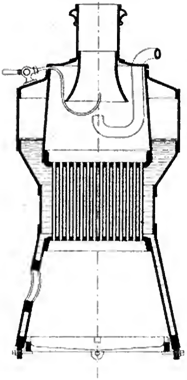


Fig. 3.
MERRYWEATHER & SONS.

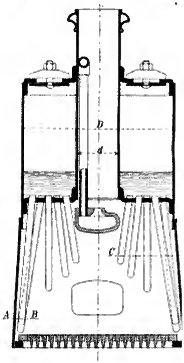



Fig. 4.
Schnitt A B. Schnitt C D.

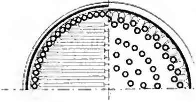


Fig. 7.
SILSBY MANUFG. CO.

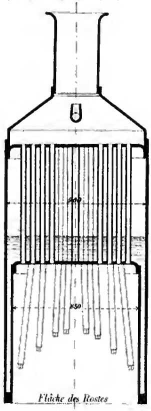



Fig. 8.



Fig. 9.
CLAPP & JONES.

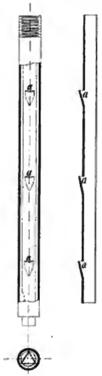


Fig. 14.

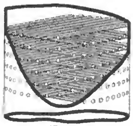


Fig. 15.

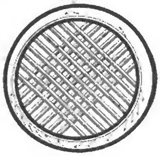


Fig. 5.
MERRYWEATHER & SONS.

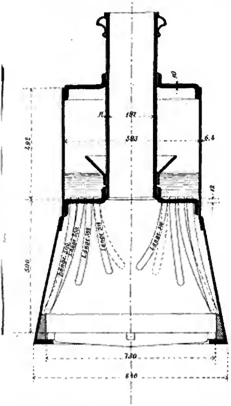


Fig. 6.

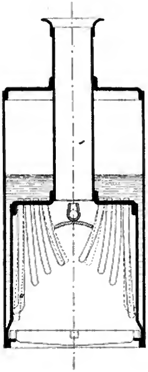


Fig. 10.
C. AHRENS & C°
(Fig. 10 bis 12.)

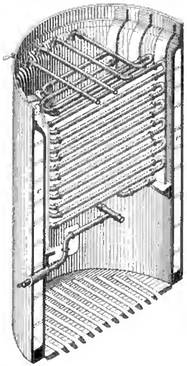


Fig. 13.
SHAND, MASON & C°
Neuere Construction
(Fig. 13 bis 15.)

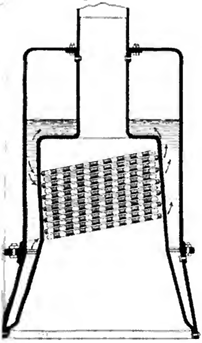


Fig. 12.

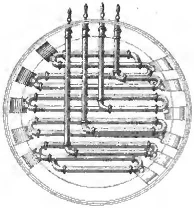
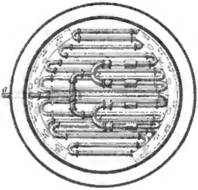


Fig. 11.



# C. Bach

## Die Kessel der Dampf-Feuerspritzen.

Fig 1 Schnitt nach i k l (Fig 2)

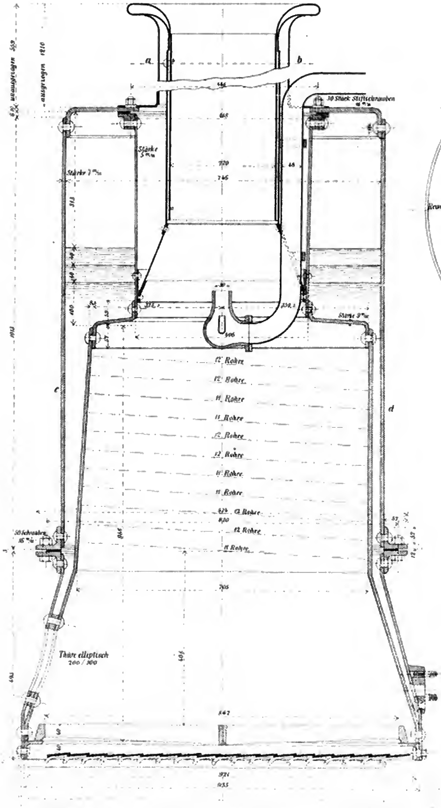


Fig 2 Oberansicht

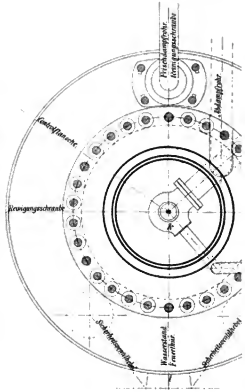
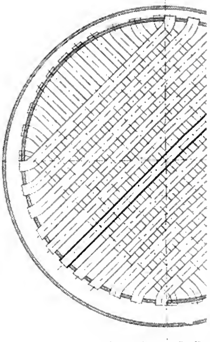
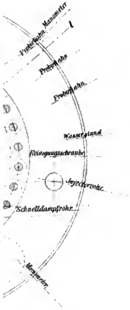


Fig 3 Schnitt nach c d



Kessel von C. Ba




Wasserstand mit Laterne. (Fig 6.)

Fig 6.

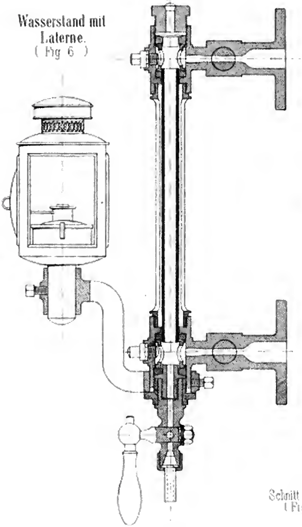


Fig. 7. Verticalschnitt

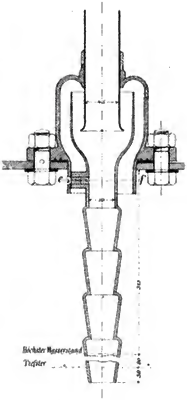



Fig 1.)

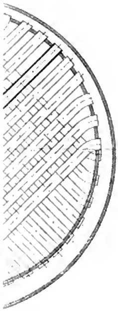


Fig 8. Schnitt nach e f (Fig 7.)

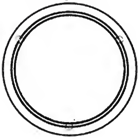


Fig 9.

Schnitt nach g h (Fig 8.)



Fig 4. Schnitt nach a b (Fig 1.)



Wasserscheider

Fig 7 bis 10.

(¼ nat Gr.)

Fig. 10. Oberansicht

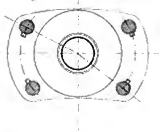


Fig 5.



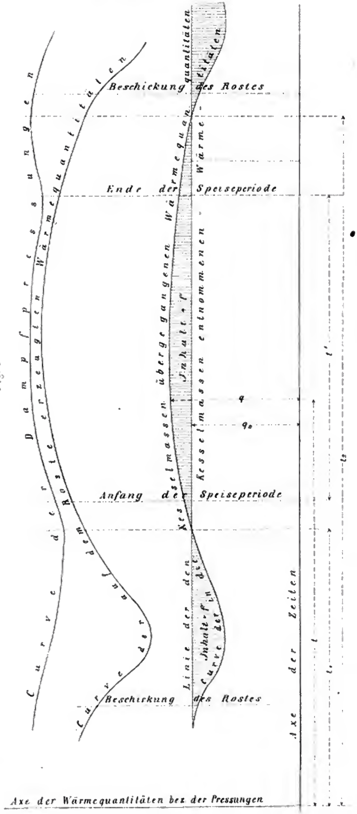

h.

C. Bach

Die Kessel der Dampf-Feuerspritzen.

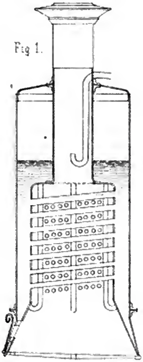
# C. Bach Die Kessel der Dampf-Feuerspritzen.

Fig 4.




## G. A. Jauck.

Fig 1.



## Befestigung der Wasserröhren.

Fig. 2.

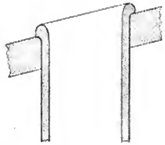
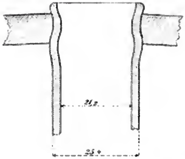


Fig 3.



# ZEITSCHRIFT
DES
# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

1879. **Band XXIII. Heft 6.** **Juniheft.**

## Abhandlungen.

### Die Kessel der Dampf-Feuerspritzen.

Von **C. Bach.**

(Hierzu Blatt 14 bis 16.)

Die Dampf-Feuerspritzen hatten sich auf dem Continent, insbesondere in Deutschland, bisher noch nicht der Beachtung zu erfreuen, welche ihnen in England und Amerika bereits seit Decennien gezollt wird, und die ihnen nicht allein im Interesse der allgemeinen Wohlfahrt, sondern auch vom rein technischen Standpunkt aus und zwar voll gebührt. Der Mangel beinahe jeglicher Würdigung des Gegenstandes in der technischen Literatur, wenigstens in soweit es sich um brauchbare Erfahrungszahlen handelt, mag vielleicht ebenso viel Ursache als Wirkung dieser Erscheinung sein. Wer jemals vor die Aufgabe gestellt worden ist, Dampf-Feuerspritzen zu construiren, und der vor Lösung derselben nicht in der Lage war, die bereits existirenden guten englischen und amerikanischen Constructionen zu besichtigen, der wird diesen Mangel empfunden haben. Die Dampf-Feuerspritze ist keine Durchschnittsmaschine, bei deren Construction bekannte Erfahrungszahlen ausreichen, sie ist für den Constructeur ein Extrem mit allen Licht- und Schattenseiten eines solchen.

Dieser Umstand sowie die Absicht, durch Vorlegung meiner diesbezüglichen Erfahrungen das Interesse der Fachgenossen auf den Gegenstand hinzulenken, bilden die Veranlassung zur Besprechung zunächst des einen Hauptelementes der Dampf-Feuerspritzen, des Dampferzeugers.*)

Von den speciellen Bedingungen, denen eine ihrem Zweck entsprechend gebaute Dampf-Feuerspritze zu genügen hat, sind es vorzugsweise zwei, welche die Construction des Dampfgenerators beeinflussen.

A. Die Erzeugung des zur Ingangsetzung der Maschine erforderlichen Dampfes, oder die Erwärmung des in dem Dampfkessel enthaltenen Wassers auf die der gewünschten Dampfpressung entsprechende Temperatur, darf nur einen kurzen Zeitraum in Anspruch nehmen.

Der Werth einer Dampf-Feuerspritze steigt unter sonst gleich bleibenden Verhältnissen bis zu einer gewissen Grenze hin in dem Masse, in welchem dieser Zeitraum abnimmt. Die Vorbereitungen, welche zu treffen sind, bevor die Maschine in Thätigkeit treten kann, als Fahren nach der Brandstelle, Auslegen und Kuppeln der Schläuche u. s. w. währen in den meisten Fällen 10 bis 15 Minuten. Erfordert die Dampfproduction nicht mehr Zeit, so erscheint die Bedingung A erfüllt. Erfolgt die Dampferzeugung in einem wesentlich kürzeren Zeitraume, so wird nur in den seltensten Fällen hierdurch etwas zu gewinnen, wohl aber an Betriebssicherheit zu verlieren sein, indem sich die Wartung schwierig gestaltet, die Abnutzung erhöht, die Dauer vermindert wird u. s. w.

Die Dauer der Anheizperiode, d. h. die Zeit, welche verstreicht von dem Augenblick an, in welchem das Brennmaterial auf dem Roste entzündet wurde, bis zu dem Moment, in welchem Dampf von einem bestimmten Ueberdruck erzeugt ist, hängt in der Hauptsache von folgenden Grössen ab:

1) von der Quantität der auf dem Roste entwickelten Wärme und der Höhe der im Feuerraum herrschenden Temperatur. Diese beiden Grössen sind ihrerseits abhängig von der Grösse der Rostfläche, der Intensität des Zuges (Höhe des Schornsteins, Grösse der Querschnitte, welche die Heizgase passiren müssen, Grösse der freien Rostfläche), der Art und Beschaffenheit des Brennmaterials, der Geschicklichkeit des Heizers (Vollkommenheit des Verbrennungsprocesses);

2) von der Grösse und der Qualität der Heizfläche;

3) von dem Wärmezustande der Kesselmassen zu Anfang der Periode und zu Ende derselben;

*) Die Behandlung der beiden anderen Hauptelemente: der Dampfpumpe und des Fahrzeuges an und für sich möge für später vorbehalten werden.

4) von der Quantität Wärme, welche durch die äusseren Kesselwandungen aus den erwärmten Kesselmassen in die Atmosphäre oder in die an den Kessel anschliessenden Eisentheile des Fahrzeuges entweicht.

Den Einfluss aller der im Vorstehenden aufgeführten Grössen auf die Dauer der Anheizperiode genau ziffermässig festzustellen, ist nicht möglich. Wir müssen uns deshalb mit der angenäherten Bestimmung begnügen, soweit eine solche durch vorliegende Erfahrungen möglich geworden ist. Wir setzen:

$$t_0 = k \frac{G_w + G_1\gamma_1 + G_2\gamma_2 + G_3\gamma_3 + G_4\gamma_4 + G_5\gamma_5 + \ldots}{F}$$

$$= k \frac{G_w + \Sigma G\gamma}{F} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1).$$

Hierin bezeichnet

$t_0$ die Dauer der Anheizperiode in Minuten, wie oben definirt;

$G_w$ das Gewicht des in dem Kessel befindlichen und während der Anheizperiode zu erwärmenden Wassers in Kilogramm;

$G_1$ das Gewicht der zu erwärmenden Schmiedeeisentheile

$G_2$ „ „ „ „ „ Gusseisentheile

$G_3$ „ „ „ „ „ Stahltheile

$G_4$ „ „ „ „ „ Kupfertheile

$G_5$ „ „ „ „ „ Bronzetheile des Kessels u. s. w.;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5 \ldots$ die bezw. specifischen Wärmen der Kesselmaterialien

$$\Sigma G\gamma = G_1\gamma_1 + G_2\gamma_2 + G_3\gamma_3 + G_4\gamma_4 + G_5\gamma_5 + \ldots$$

$F$ die Heizfläche des Kessels in Quadratmeter;

$k$ ein Coefficient, welcher abhängt:

a) von dem Quotienten Heizfläche : Rostfläche;

b) von der Höhe des Schornsteins und dem Widerstande, welchem die Luft beim Passiren des Rostes und der Brennmaterialschicht, und welchem die Heizgase auf ihrem Wege in die Atmosphäre begegnen;

c) von der Wirkung der zur Erhöhung des Zuges etwa vorhandenen Vorrichtung;

d) von der Art und Beschaffenheit des Brennmaterials;

e) von der Geschicklichkeit des Heizers;

f) von der Qualität der Heizfläche;

g) von dem Wärmezustande der Kesselmassen zu Anfang und zu Ende der Periode. Die später angeführten Werthe von $k$ beziehen sich auf einen bestimmten Anfangs- und einen bestimmten Endzustand, so dass dann streng genommen diese Werthe von $k$ nur für die durch diese beiden Zustände begrenzte Periode gelten, dagegen auch frei von der soeben unter g angegebenen Abhängigkeit sind;

h) von der Quantität Wärme, welche durch die äusseren Kesselwandungen aus den erwärmten Kesselmassen in die Atmosphäre entweicht, oder in die an den Kessel anschliessenden Eisentheile des Fahrzeuges übergeht.

Leider habe ich nie die Zeit gewinnen können, eingehende Versuche zur Klarlegung der Grösse der einzelnen unter a bis g aufgeführten Einflüsse anzustellen. Ich muss mich deshalb mit der Aufstellung der Gleichung (1) begnügen.

Wie wir später sehen werden, variirt $k$ selbst für verschiedene Constructionen von Dampfspritzen-Kesseln in verhältnissmässig nicht weiten Grenzen zwischen $^1/_2$ und $^2/_3$. Als Anfangszustand wurde eine mittlere Temperatur der Kesselmassen von 20° C. angenommen; der Endzustand dadurch bestimmt, dass die Anheizperiode in dem Momente zu Ende ist, in welchem Dampf von $5^k$ Ueberdruck pro Quadratcentimeter, entsprechend 158° C. erzeugt ist.

Streng genommen besitzen die Massen $G_w$ $G_1$ $G_2$ $G_3$ $G_4$ $G_5 \ldots$ weder eine gleiche Anfangs- noch eine gleiche Endtemperatur. Im Winter, besonders dann, wenn die Dampf-Feuerspritze einige Zeit im Freien gestanden hat, wird die Anfangstemperatur eines Theiles der Massen $G_1$ $G_2$ $G_3$ $G_4$ $G_5 \ldots$ niedriger sein als diejenige des Wassers $G_w$. Im Sommer dagegen pflegt das Umgekehrte stattzufinden. Die Endtemperaturen derjenigen Theile von $G_1$ $G_2$ $G_3$ $G_4$ $G_5 \ldots$, welche der directen Wirkung des Feuers oder der Heizgase ausgesetzt sind, werden höher sein als diejenige des Wassers, welche dem Ueberdruck von $5^k$ entspricht. Dagegen wird ein Theil der Massen $G_1$ $G_2$ $G_3$ $G_4$ $G_5 \ldots$, welche Wärme an die Atmosphäre abgeben, niedrigere Temperatur besitzen als das im Kessel enthaltene Wasser.

Hinsichtlich der Grösse des Verhältnisses zwischen Heizfläche, Rostfläche, Rauchrohrquerschnitt, ebenso bezüglich der Umhüllung des Kessels gegen Wärmeverluste, der Blasrohrvorrichtungen u. s. w. wird bei den einzelnen Constructionen, für welche $k$ angegeben ist, das Nöthige bemerkt werden.

Als Brennmaterial sind Hobelspäne, trockenes Holz, eine gute Steinkohle zu Grunde gelegt.

Als Heizer ist ein geschickter und mit dem Kessel vertrauter Maschinist vorausgesetzt.

Aus den vorstehenden Betrachtungen ergeben sich die Gesichtspunkte, welche der Constructeur eines Dampfspritzenkessels festzuhalten hat.

Zunächst ist $k$ möglichst klein zu halten durch Anwendung einer qualitativ ausgezeichneten Heizfläche und einer grossen Rostfläche, durch reichliche Bemessung der Querschnitte, welche von den Heizgasen zu passiren sind, durch Anordnung eines relativ hohen Schornsteins (teleskopartig ausziehbar), durch Schutz des Kessels gegen Wärmeverluste, insoweit nicht andere Rücksichten dagegen sprechen. Dann ist $G_w$ so klein zu halten, als es die specielle Construction mit Rücksicht auf den Betrieb und die Dauer des Kessels gestattet. $F$ muss möglichst gross und $\Sigma G\gamma$ möglichst klein gehalten werden. In den beiden letzten Bedingungen liegt der schwierigere Theil der Aufgabe, da $\Sigma G\gamma$ mit $F$ wächst, und in der Festigkeit der Materialien, welche die Heizfläche bilden, Grenzen für die Minimalstärken der letzteren gezogen sind, auch das Material, welches die grösste absolute Festigkeit besitzt, (Stahl) nicht zugleich das betriebssicherste ist. Jedenfalls hat der Constructeur

möglichst dünnwandige Heizflächen anzuordnen und dafür Sorge zu tragen, dass eine energische Circulation an denselben entlang statthat; ferner hat er die genieteten Nähte des Kessels durch geschweisste zu ersetzen und das beste (festeste und betriebssicherste) Material zu verwenden. Dass er ausserdem die Anforderungen, welche überhaupt an einen rationell construirten und betriebssicher functionirenden Dampfkessel zu stellen sind, im Auge zu behalten hat, ist selbstverständlich. —

Die zweite der hier in Betracht kommenden Hauptbedingungen, denen eine ihrem Zweck entsprechend gebaute Dampfspritze zu genügen hat, ist folgende:

B. Das Gewicht der ausgerüsteten Dampf-Feuerpritze soll im Interesse der Transportabilität, und Manövrirfähigkeit der verwendbaren Zugkraft entsprechend niedrig gehalten werden.

Eine Dampf-Feuerspritze, deren Anwendungsgebiet nur einige Ausdehnung besitzt und als deren Bestimmung es gilt, unverzüglich nach der Brandstelle zu eilen, muss dies jedenfalls im Trabe thun können. Für diesen Zweck werden in der grösseren Anzahl von Fällen nur selten mehr als zwei Pferde fortwährend zur Verfügung gehalten werden können.

Unter Berücksichtigung der Terrainverhältnisse ist damit dem Constructeur eine obere Grenze gesetzt. Bleibt das Gewicht des ausgerüsteten Fahrzeuges unter dieser Grenze, so würde es bei der Construction desselben auf eine Anzahl Kilogramm mehr nicht ankommen. Dies ist jedoch bei den Leistungen, welche von den Dampf-Feuerspritzen verlangt werden, nicht der Fall.

Da nun bereits die unter A dargelegten Bedingungen zu einer möglichst wenig schweren Dampf-Feuerspritze führen, so stellen die in der Hauptbedingung B angegebenen Umstände: Terrainverhältnisse, disponible Zugkräfte, Gangart der letzteren, in jedem speciellen Fall ein Maximum der Grösse der Dampf-Feuerspritze und hiermit der Grösse des Kessels fest.

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der Constructionen verschiedener Dampfspritzenkessel.

1) Aeltere Construction der Firma Shand, Mason & Co. in London, Fig. 1, Blatt 14.

*a* Feuerbuchse, *b* Feuerröhren, *c* Rauchrohr und Schornstein, *d* Blasrohr, *e*, *e* zwei halbkreisförmige, dünnwandige Hohlcylinder, eingesetzt zu dem Zwecke, den Wasserraum zu vermindern. Durch Röhren *f*, *f* communicirt das Innere dieser Hohlcylinder mit dem Dampfraume des Kessels. Mittelst zweier Löcher, welche die äussere Kesselwand durchdringen, kann das in *e*, *e* sich sammelnde Condensationswasser abgelassen werden.

Der Kessel ist nach Lösung der Muttern bei *g*, *g* und *h*, *h* aus einander nehmbar. Die Rauchkammer kann durch Lösung der Muttern bei *i*, *i* blosgelegt werden.

Mittelmässige Qualität der Heizfläche, relativ grosse Eisenmassen im Vergleich zur Heizfläche, Verrussen der engen Feuerröhren, so dass bei längerer Thätigkeit der Maschine der Betrieb behufs Vornahme der Reinigung unterbrochen werden muss, dürften die Ursachen gewesen sein, welche die genannte Firma veranlassten, zu der später angeführten Construction überzugehen.

Wenn trotz dieser Mängel die Dauer der Anheizungsperiode bei Schauproben und bei ganz besonders aufmerksamer Bedienung zuweilen 12 Minuten nicht überschritten haben soll, so wird dies nur dem vergleichsweise grossen Rost zu danken gewesen sein.

2) Kessel von Ph. Mayer in Wien (Patent: E. Leyser und Wm. Knaust) (Fig. 2, Blatt 14), beschrieben in der „Zeitschr. des österr. Ingenieur- u. Architektenvereines“ 1867.

Anzahl der Feuerröhren 282.

| | |
|---|---|
| Aeusserer Durchmesser derselben | $26^{mm}$ |
| Innerer „ „ | $21^{mm}$ |
| Länge derselben . . . . . | $444^{mm}$ |
| Heizfläche „ . . . . . | $10{,}8^{qm}$ |
| Rostfläche „ . . . . . | $0{,}5^{qm}$ |
| Querschnitt des Schornsteins . | $0{,}044^{qm}$. |

Die Wandstärken sind durch Verwendung von Stahlblech möglichst gering gehalten.

Dieser Kessel stimmt mit dem unter 1) besprochenen überein. Das dort Gesagte gilt hier in erhöhtem Masse.

3) Field-Kessel der Dampf-Feuerspritzen von Merryweather & Sons in London. Fig. 3 und 4, Blatt 14, stellen denselben dar nach Massgabe der Prospecte der genannten Firma. Die Skizze in Fig. 5 entspricht dem Kessel einer im Besitz der k. k. Ferdinands-Nordbahn befindlichen Merryweather'schen Dampf-Feuerspritze.

Wie aus den Fig. 3 und 4 ersichtlich, fallen die Feuerbuchse und der untere Kesselmantel zusammen. Die Tendenz, die Eisenmassen und den Wasserraum nach Möglichkeit zu reduciren, tritt hier ausgeprägt zu Tage. Zur Schonung des gefährdeten Mantels der Feuerbuchse bilden die beiden äussersten Röhrenbündel einen dicht bis auf den Rost reichenden Hohlconus, dessen Aussenmantel allerdings relativ wenig Wärme in das Wasser überführen wird. Hierbei mögen sich Uebelstände gezeigt haben: Abbrennen einzelner Rohre und besonders beim Anheizen ungenügende Verbrennung an der Peripherie des Rostes aus Anlass der energischen Wärmeentziehung seitens der dicht an einander schliessenden und bis auf den Rost reichenden äusseren Rohre. Wohl infolge dessen pflegt die genannte Fabrik einen Ring von Schamottsteinen einzusetzen (Fig. 5).

Die Heizfläche muss als eine gute bezeichnet werden, der Wasserraum fällt klein aus, die zu erwärmenden Eisenmassen sind nach Möglichkeit vermindert, die Rostfläche ist eine relativ grosse, so dass bei genügender Stärke des Zuges die Bedingungen erfüllt sind, welche die Voraussetzung schneller Dampferzeugung bilden.

Mit rationell dimensionirten Field-Kesseln ist es möglich, die Dauer der Anheizungsperiode auf 9 bis 12 Minuten zu beschränken.

Mit Rücksicht auf das Vorstehende, sowie in Hinsicht auf die Einfachheit der Construction, auf die Leichtigkeit, mit welcher einzelne Rohre ersetzt werden

können (vier Verschlussdeckel in der Decke des Kesselmantels), erscheint der Field-Kessel für Dampf-Feuerspritzen wohl geeignet. Bei der Construction hat man sich in den Bestrebungen, möglichst grosse Heizfläche, also viele Rohre anzuordnen, zu hüten, dies auf Kosten der Grösse der Querschnitte zu thun, welche die Heizgase passiren müssen, wie es z. B. bei dem in Fig. 5 skizzirten Kessel geschehen ist.

Für denselben ergab sich

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \frac{4,53}{0,418} = 11;$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = \frac{0,418}{\frac{\pi}{4}\cdot 0,197^2} = \frac{0,418}{0,0305} = 13,7.$$

Unter Berücksichtigung der Verengung des Rauchrohrs durch das Abdampfrohr erhöht sich die letztere Zahl von 13,7 auf reichlich 14. Die Grösse des Rostes ist hiernach beim Anheizen jedenfalls nicht ausnutzbar, später unter Einwirkung des Blaserohrs bessert sich dieser Missstand.

Wasserraum pro Quadratmeter Heizfläche etwa $10^l$ (bei einem Wasserstand von $100^{mm}$ über der Decke der Feuerbuchse).

Wasserstandsfläche pro Quadratmeter Heizfläche

$$= \frac{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)}{F} = \frac{0,24}{4,53} = 0,052.$$

Im officiellen Berichte der Weltausstellung zu Wien, Gruppe Dampfkessel, S. 84 finden sich folgende Grössen eines Field-Kessels für Dampf-Feuerspritzen angegeben:*)

| | |
|---|---|
| Durchmesser des Kesselmantels | $660^{mm}$ |
| „ „ Rostes | $700^{mm}$ |
| „ „ Rauchrohres | $190^{mm}$ |
| Anzahl der Fieldröhren in fünf concentrischen Bündeln | 162 |
| „ „ „ aussen $28^{mm}$ = $^9/_8$ Zoll engl. | |
| Mittlere Länge der Fieldröhren | $500^{mm}$ |
| Heizfläche | $7^{qm}$ |
| Stärke der Decke der Feuerbuchse | $16^{mm}$. |

Hieraus ergiebt sich

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \frac{7}{\frac{\pi}{4}\cdot 0,7^2} = \frac{7}{0,385} = 18;$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = \frac{0,385}{\frac{\pi}{4}\cdot 0,19^2} = \frac{0,385}{0,0284} = 13,5;$$

Wasserstandsfläche pro Quadratmeter Heizfläche

$$= \frac{\frac{\pi}{4}(0,646^2 - 0,2^2)}{7} = 0,044;$$

Wasserraum bei einem Wasserstand von $100^{mm}$ über der Decke der Feuerbuchse pro Quadratmeter Heizfläche etwa $8^l$.

*) Die an dieser Stelle erwähnte Einlegung einer Drahtspirale in den ringförmigen Raum zwischen Fieldrohr und dessen Einlage (was übrigens Merryweather & Sons nicht thun) kann einen Vortheil nicht bewirken, wird sich vielmehr bei der geringen Weite der Rohre nach einiger Zeit im Betriebe nur nachtheilig bemerkbar machen können.

Für Field-Dampfspritzenkessel, construirt nach Massgabe des in Fig. 5 skizzirten Kessels, mit

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \text{etwa } 18$$

$$\frac{\text{Rauchrohrquerschnitt}}{\text{Rostfläche}} = 10 \text{ bis } 12$$

darf in

$$t_0 = k\,\frac{G_w + \Sigma\, G\gamma}{F}$$

für $k = {}^2/_3$ gesetzt werden.

Die erzielbare Maximalleistung des Field-Dampfspritzenkessels ohne Wasserwand um die Feuerbuchse schätze ich auf 50 bis $60^k$ pro Quadratmeter Heizfläche.

Für Field-Kessel, bei deren Construction noch etwas Rücksicht auf die Ausnutzung des Brennmaterials genommen wird, wie z. B. bei dem von mir construirten und in der „Zeitschr. des österr. Ingenieur- u. Architektenvereins“ 1876, S. 56 beschriebenen Kessel, welcher nicht reiner Dampfspritzen-Kessel ist und für welchen

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = 25$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 9$$

ist, darf für $k$ im Mittel $^3/_4$ eingeführt werden. Umhüllung des Kessels ist hierbei nicht vorausgesetzt, in letzterem Falle fehlt auch die Blasvorrichtung zur Benutzung des Frischdampfes während der Anheizperiode.

Wenn man sich bei der Construction eines Field-Kessels zur Weglassung der Wasserwand zwischen Feuerbuchse und Kesselmantel nicht entschliessen kann, also eine besondere Feuerbuchse anordnet, so vermehrt sich die Dauer der Dampferzeugung entsprechend dem grösseren Wasserraum und den grösseren Eisenmassen. Die Vergrösserung der Heizfläche durch die Feuerbuchse ist infolge ihrer relativ geringen Qualität wenig werth. Dagegen wächst die Leistungsfähigkeit des äussersten Bündels Fieldröhren, die dann von den Heizgasen vollständig umspült werden.

Für derartige Dampfspritzen-Kessel lässt sich $t_0$ nicht wohl geringer als 15 Minuten erzielen.

Der Versuch, durch Einschaltung von Röhren $a$, Fig. 6, Blatt 14, eine lebhaftere Circulation innerhalb der Wasserwand hervorzurufen, um dadurch die Dauer der Anheizperiode zu vermindern, ergab einen nennenswerthen Erfolg nicht.

Die Einführung des Abdampfrohres in den oberen Theil der Feuerbuchse durch den Mantel und nicht, wie dies üblich, durch das Rauchrohr, erwies sich für die Erhöhung des Zuges günstig, doch litt das aus Kupfer gefertigte Abdampfrohr so stark, dass die übliche Art der Zuführung beibehalten werden musste. Der Verengung und der Unregelmässigkeit, welche im Querschnitt des Rauchrohres hierdurch entstehen, ist durch entsprechend grösseren Durchmesser des letzteren Rechnung zu tragen.

Die bei dem unter 8) besprochenen Kessel angeordnete Zuleitung des Abdampfes nach der Blasrohrvorrichtung lässt sich für Field-Kessel leider nicht verwenden.

Wenn die Decke der Feuerbuchse schwach gehalten werden soll, müssen die Rohre eingeschraubt werden, während sie sonst mit Conus in der bekannten Weise eingesetzt werden. Im letzteren Falle sollte die Decke der Feuerbuchse nicht unter 16$^{mm}$ stark sein bei 30$^{mm}$ mittlerem Conusdurchmesser.

Bei der Wartung des Field-Kessels darf nicht übersehen werden, dass die Röhren im Winter einfrieren können. Mir sind mehrere Dampfspritzen-Kessel mit zerfrorenen Röhren unter die Hände gekommen. Entweder muss der Raum, in welchem die Dampfspritze zu der Zeit, während welcher Eisbildung möglich ist, genügend geheizt werden, oder die Temperatur des im Kessel befindlichen Wassers muss etwa mittelst einer Gasflamme oberhalb des Nullpunktes gehalten werden, oder der Kessel muss nach dem Gebrauch und bevor er der Abkühlung überlassen wird, nicht nur ausgeblasen, sondern es muss auch noch durch Unterhaltung eines kleinen Feuers auf dem Roste das in den Röhren befindliche Wasser verdampft werden.

4) Kessel der Dampf-Feuerspritzen der **Silsby Manufacturing Co.**, Island Works, Seneca Falls N. Y. Fig. 7 und 8, Blatt 14.

Wie aus den Figuren ersichtlich, ist dieser Kessel ein Field-Kessel mit einer Anzahl von Heizröhren, welche die Heizgase durch das Wasser und durch den Dampfraum in die Rauchkammer führen. Die Fieldröhren sind eingeschraubt und deshalb vom Feuerraum aus herausnehm- und ersetzbar.

Der Rost ist drehbar angeordnet, so dass eine sofortige Entfernung des Brennmaterials stattfinden kann.

Um die Verbindungsstellen der Heizröhren mit der Decke des Kessels zugänglich zu machen, ist der obere Theil der Rauchkammer zum Abnehmen eingerichtet.

Kessel- und Feuerbuchsendecke können hier schwach gehalten werden, Heizfläche ist pro Quadratmeter Grundfläche grösser, Wasserraum bedeutender, Dampf weniger nass als bei dem unter 3) behandelten Field-Kessel, der sich einfacher und dem Silsby-Kessel hinsichtlich der Dauer der Anheizperiode nahezu gleichwerthig erweist.

Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die Amerikaner mit den Wandstärken weiter heruntergehen, als wir es mit unseren Materialien für zulässig erachten, und dass sie den Wasserstand tiefer halten, als es unsere Gesetze gestatten.

$t_0$ beträgt 9 bis 11 Minuten.

Wenn manche Mittheilungen wesentlich weniger angeben, so ist dies darauf zurückzuführen, dass die Dimensionen der Silsby-Dampfpumpe bereits ein Arbeiten mit 1 bis 2$^{k}$ Dampfspannung gestatten. Die Maschine beginnt deshalb früher zu arbeiten. Die im Vergleich zu dem anfänglichen Dampfverbrauch sehr reichlich bemessenen Heizflächen ermöglichen dann unter Benutzung des Abdampfes zur Zugerhöhung ein schnelles Steigen der Dampfpressung.

Die Reclamepublicationen der Silsby Co. enthalten u. a. folgende Daten.

Concurrenzprobe in Kent, O., den 29. October 1875.

| Dampf | Zeit |
|---|---|
| 5 Pfd. | 3 Minuten |
| 9 „ | 4 „ |
| 16 „ | 5 „ |
| 20 „ | 5½ „ |
| 30 „ | 6 „ |
| 35 „ | 7 „ |
| 40 „ | 7½ „ |
| 51 „ | 8 „ |

(14,22 Pfd. pro Quadratzoll engl. = 1$^{k}$ pro Quadratcentimeter, oder mit genügender Genauigkeit 1 Pfd. pro Quadratzoll engl. = 0,07$^{k}$ pro Quadratcentimeter.)

Concurrenzprobe in Chicago den 1. August 1874.

„In ten minutes after the lighting of the fire the Amoskeag showed 102 steam and 150 pounds water pressure, the Silsby showed 92 pounds steam and 195 water pressure.“

In den Mittheilungen über den zehnten deutschen Feuerwehrtag zu Stuttgart am 11., 12. und 13. August 1877 erstattet vom Landesfeuerlösch-Inspector **Grossmann** (Kitzinger, Stuttgart) befindet sich bezüglich der Dauer der Anheizperiode der ausgestellten Silsby-Dampffeuerspritze folgende Notiz:

„Zeit vom Anheizen:

bis 1 Atm. Ueberdruck 5 Minuten
„ 2 „ „ 9 „

bei 1 Atm. Ueberdruck begonnen. Wasserstand ging nur so weit als die Heizröhren.“

In Philadelphia waren zwei Silsby-Dampffeuerspritzen ausgestellt, über deren Kessel dem officiellen Bericht „International Exhibition 1876, Trial of Steam Fire Engines, Philadelphia, 1877“ sich folgende Angaben entnehmen lassen:

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Kesseldurchmesser . . . | 1010$^{mm}$ | 910$^{mm}$ |
| Kesselhöhe . . . . . | 1520$^{mm}$ | 1420$^{mm}$ |
| Heizfläche*) . . . . . | 30,7$^{qm}$ | 18,3$^{qm}$ |
| Prüfungsdruck, Kilogramm pro Quadratcentimeter | 14 | 14 |

Durch Rechnung ergaben sich noch aus den Angaben

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Wasserraum . . . . . | 200$^{l}$ | 154$^{l}$ |
| Wasserraum pro Quadratmeter Heizfläche . . | 6,5$^{l}$ | 8,4$^{l}$ |

Die Dauer der Anheizperiode ist aus den ziemlich mangelhaft angestellten Versuchen leider nicht zu entnehmen.

Der Kessel der einen der beiden Dampf-Feuerspritzen, welche die Silsby Company 1877 nach Leipzig brachte, besass nach dem Gutachten, welches sich der Rath der Stadt Leipzig anlässlich des beabsichtigten Ankaufs von Dampf-Feuerspritzen durch die Herren Regierungsrath Prof. Dr. **Hartig**, Maschinenfabrikanten

*) Wahrscheinlich ist in diesen Werthen die im Dampfraum gelegene Heizfläche der Heizrohre voll eingeschlossen.

G. Goetz, königl. sächsischen Dampfkessel-Inspector Morgenstern erstatten liess, folgende Dimensionen:

| | |
|---|---|
| Höhe des Kessels | $1400^{mm}$ |
| Durchmesser des Kessels | $200^{mm}$ |
| Blechstärke | $5^{mm}$ |
| Höhe der Feuerbuchse | $850^{mm}$ |
| Durchmesser der Feuerbuchse | $850^{mm}$ |
| Blechstärke „ „ | $5^{mm}$ |
| Zahl der Field-Röhren | 180 |
| Durchm. der Field-Röhren aussen | $32^{mm}$ |

Von den Field-Röhren waren
43 Stück je $775^{mm}$ lang
23 „ „ $700^{mm}$ „
114 „ „ $550^{mm}$ „

| | |
|---|---|
| Zahl der Rauchröhren | 80 |

Hiervon hatten
36 einen lichten Durchmesser von $45^{mm}$
44 „ „ „ „ $26^{mm}$

| | |
|---|---|
| Länge der Rauchröhren | $540^{mm}$ |

| | |
|---|---|
| Grösse der Heizfläche bei $270^{mm}$ Höhe des Dampfraumes | $15{,}81^{qm}$ |
| „ „ Rostfläche | $0{,}56^{qm}$ |
| „ „ Rostfugenfläche | $0{,}21^{qm}$ |
| Breite der Roststäbe | $22^{mm}$ |
| „ „ Fugen | $13^{mm}$. |

Ueber den ausgeführten Anheizversuch ist Folgendes angegeben:

| | |
|---|---|
| Wassermenge, welche erforderlich war, um den Kessel bis zu einem Wasserstand von $40^{mm}$ über der Feuerbuchsendecke zu füllen | $119^{l}$. |
| Temperatur des Wassers | $23{,}4^{0}$ C. |

Zum Anheizen wurde verwendet eine geringe Menge von Hobelspänen, $10^{k}$ kleingespaltenes Holz und Zwickauer Steinkohle, deren Menge man dem Ermessen des Heizers anheimgestellt hatte.

Von dem Moment des Anzündens des Brennmaterials verstrichen folgende Zeiten

| | |
|---|---|
| bis zum Erscheinen des Rauches am Schornsteinkopf | 5" |
| „ „ Eintritt einer Dampfspannung von 1 Atm. | 6' 9" |
| „ „ Anlassen der Maschine | 6' 51" |
| „ „ Eintritt einer Dampfspannung von 2 Atm. | 7' 47" |
| „ „ „ „ „ „ 3 „ | 8' 49" |
| „ „ „ „ „ „ 4 „ | 9' 5" |
| „ „ „ „ „ „ 5 „ | 9' 26" |
| „ „ „ „ „ „ 6 „ | 10' 10" |

Für diesen ummantelten Kessel, für welchen wir nach dem Vorstehenden erhalten

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \frac{15{,}81}{0{,}56} = 28{,}2$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Summe der Rauchrohrquerschnitte}} = \frac{0{,}56}{\frac{\pi}{4}(36 \,.\, 0{,}045^2 + 44 \,.\, 0{,}026^2)} = 6{,}9$$

ergiebt sich, da zur Erzeugung einer Pressung von $5^{k}$ Ueberdruck verflossen

$$9'\,5'' + (5 - 4 \,.\, 1{,}0333)\,(9'\,26'' - 9'\,5'') = 9'\,13''$$

der Coefficient $k$ der von uns aufgestellten Gleichung aus

$$9{,}38 = k\,\frac{119 + 102}{15{,}81}$$

zu

$$k = 0{,}67 = {}^{2}/_{3}.$$

Der Werth $\Sigma\, G\gamma = 102$ wurde auf Grund der vorhin angegebenen Dimensionen des Kessels und unter sachgemässer Annahme von Werthen für die fehlenden Grössen ermittelt.

Hinsichtlich der Zahl 9,38 ist angenommen, dass der Verlust an Wärme, welcher der frühzeitigen Dampfentnahme entspricht, voll aufgewogen wird durch die grössere Wärmeentwickelung infolge der Zugerhöhung durch den Abdampf, eine Annahme, welche mit Rücksicht auf die Verhältnisse des Kessels nicht blos zulässig erscheint, sondern von welcher der Constructeur als einer Bedingung sogar ausgegangen sein dürfte. Der relativ lange Zeitraum bis zur Erzeugung von Dampf von 1 Atm. Ueberdruck spricht ebenfalls dafür.

Die amerikanischen Dampfspritzen-Constructeure suchen nicht immer, wie wir es bisher in Europa gethan haben, Dampf von hoher Pressung in möglichst kurzer Zeit zu erzeugen, sondern sie dimensioniren, wie dies bereits für einen Fall bemerkt wurde, die Dampfpumpe so, dass diese bereits bei niedriger Dampfpressung arbeiten kann. Die Heizflächen werden dann sehr reichlich bemessen, so dass unter Einwirkung des Zug anfachenden Abdampfes die Pressungserhöhung im Dampfkessel rapid vor sich geht. Hierbei kommt den Amerikanern ihr ausgezeichnetes Eisenmaterial zu statten, das sie hinsichtlich der Anordnung geringer Wandstärken nahezu bis zur äussersten Grenze ausnutzen. Die Vergleichung der Dimensionen des Kessels der in Leipzig geprüften Maschine mit denjenigen des Kessels der in Philadelphia ausgestellten kleinen Dampfspritze lässt schliessen, dass beide Kessel genau gleich sind. Nun wurde der Kessel in Philadelphia von dem Preisgericht einer kalten Probe von $14^{k}$ pro Quadratcentimeter (200 Pfd. pro Quadratzoll engl.) unterworfen, ohne dass von dieser Anforderung vor Beschickung der Ausstellung etwas verlautbart werden konnte. Es hat deshalb kein Grund vorgelegen, den Kessel der Ausstellungsmaschine stärker zu machen als denjenigen der in Leipzig geprüften. Auch lässt das Gewicht der beiden Dampf-Feuerspritzen auf keine grössere Wandstärke der Ausstellungsmaschine schliessen. Die Ausstellungsspritze wog unausgerüstet, jedoch mit $154^{l}$ Wasser $2295^{k}$, die in Leipzig geprüfte Spritze, voll ausgerüstet, $2500^{k}$. Hiernach hätten wir als zusammengehörige Grössen $900^{mm}$ Durchm., $5^{mm}$ Wandstärke, $14^{k}$ Ueberdruck (kalt) pro Quadratcentimeter!

Eine Consequenz des Vorgehens, die schnelle Bereitschaft der Dampf-Feuerspritze zum Theil bei der Dimensionirung der Dampfpumpe zu realisiren, ist der hohe Windkesseldruck (bis $16^{k}$ pro Quadratcentimeter), mit welchem die Amerikaner arbeiten. Dem höheren Windkesseldruck entspricht natürlich ein kleineres Wasserquantum.

Die Wasserstandsfläche berechnet sich zu

$$\frac{\pi}{4} \cdot 0{,}89^2 - (36 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}051^2 + 44 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}032^2) = 0{,}513^{qm}$$

d. h. pro Quadratmeter Heizfläche

$$\frac{0{,}513}{15{,}81} = 0{,}032.$$

Während eines dreistündigen, nicht angestrengten Versuches leistete nach dem Leipziger Gutachten der Kessel durchschnittlich

Dampf von $4^k$ Ueberdruck pro Stunde $329^k$ und verbrauchte Zwickauer Steinkohlen „ „ $73{,}5^k$

d. h. $4{,}48^k$ Dampf pro Kilogramm Kohle bei $21^k$ Dampf pro Quadratmeter Heizfläche.

Die erzielbare Maximalleistung des Silsby-Kessels schätze ich mit Rücksicht auf die Ergebnisse der in Philadelphia 1876 stattgehabten Versuche, die eine Berechnung nicht gestatten, auf 50 bis $60^k$ Dampf pro Quadratmeter Heizfläche, die im Dampfraum gelegene Heizfläche nicht gerechnet.

5) Der Kessel der Dampf-Feuerspritzen von Clapp & Jones, Hudson N. Y. stimmt in der Hauptsache mit dem Silsby'schen überein. Eigenthümlich sind ihm die Fieldrohreinlagen. Wie Fig. 9, Blatt 14, zeigt, ist das innere Fieldrohr ein hohles dreiseitiges Prisma. Die Oeffnungen *a*, *a*, *a* sollen das Zurücktreten eines Theiles des Wassers gestatten, welches von dem sich zwischen dem äusseren Rohre und der Einlage bildenden Dampfe mit nach oben gerissen wird.

In Philadelphia hatten Clapp & Jones drei Dampf-Feuerspritzen ausgestellt. Die Angaben über die drei Kessel sind folgende.

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Durchmesser des Kessels in mm | 710 | 965 | 840 |
| Höhe „ „ „ „ | 1320 | 1470 | 1320 |
| Heizfläche in qm . . . . . . | 11,4 | 23 | 13,7 |
| Prüfungsdruck (kalt) in Kilogramm pro Quadratcentimeter | 16,8 | 16,8 | 16,8 |
| Wasserraum in Liter pro Quadratmeter Heizfläche . . . | 7,6 | 6,3 | 5,6. |

6) Der Latta-Kessel der Dampf-Feuerspritzen von C. Ahrens & Co., Cincinnati, O., Fig. 10, Fig. 11 (Ansicht des Kessels von unten) und Fig. 12 (Ansicht des Kessels von oben). Die Figuren sind dem Prospecte der genannten Firma entnommen.

Mittelst einer von Hand und auch durch Dampf in Thätigkeit zu setzenden Pumpe wird das zu verdampfende Wasser bei *a* in das Rohrsystem des Kessels gedrückt. Das bei *a* eingetretene Wasser theilt sich bei *b* in zwei Leitungen, welche sich bei *c*, *c* je in zwei Rohre spalten. Während das Wasser durch das den Feuergasen ausgesetzte Rohrsystem getrieben wird, geht ein grosser Theil desselben in Dampf über. Der letztere tritt dann mit dem etwa noch vorhandenen Wasser bei *d*, *d* in den Dampf- und Wasserraum *e*.

In Bezug auf Schnelligkeit der Dampferzeugung leistet dieser Kessel das Maximum des Erreichbaren; 4 bis 5 Minuten nach dem Anheizen ist die Spritze in voller Thätigkeit. Es scheint, dass Reparaturen nicht so häufig vorkommen, als sich bei der Natur dieser Construction erwarten lässt. Auch die Betriebsschwierigkeiten scheinen für geübte Maschinisten weniger gross zu sein, als man anzunehmen geneigt sein wird.

7) Neuere Construction von Shand, Mason & Co. in London. Fig. 13, 14 und 15 (nach den eigenen Publicationen der genannten Firma).

In der runden Feuerbuchse ist eine grössere Anzahl gegen den Horizont geneigter Sicderöhren befestigt. Der obere Theil der ersteren steht excentrisch zu dem Kesselmantel und bietet so dem nach oben steigenden Dampf einen grösseren Querschnitt, infolge dessen dieser weniger Wasser mitreissen wird. Die Circulation ist wie die Pfeile andeuten eine regelmässige.

Die Qualität der Heizfläche dieser Röhren muss im Vergleich mit den bisher besprochenen Heizflächen als die weitaus vorzüglichste bezeichnet werden.

Der Wasserraum fällt grösser aus als derjenige des Field-Kessels ohne Wasserwand und etwas kleiner als derjenige des Silsby-Kessels. Die Eisenmassen fallen ebenfalls etwas grösser aus als bei dem Field-Kessel. Der Silsby-Kessel kann nicht zum Vergleich herbeigezogen werden, da wir nicht in der Lage sind, diesen Kessel so leicht zu bauen wie die Amerikaner; bei uns würde derselbe relativ mindestens ebenso viel Eisenmassen enthalten als der Kessel mit Querröhren. Der Betrag, um welchen $\frac{G_w + \Sigma G\gamma}{F}$ bei dem letzteren grösser ausfällt als bei dem Field-Kessel, wird mehr als reichlich ausgeglichen durch den Betrag, um welchen sich *k* geringer ergiebt. Die Dauer der Anheizperiode ist auf 8 bis 10 Minuten reducirt worden. Die Reinigung der Rohrwandfläche von Asche und Russ vollzieht sich infolge des intensiven Zuges ganz von selbst.

Die zunächst in die Augen fallende Schattenseite der Construction besteht in der Schwierigkeit, die nach dem Umfange zu gelegenen Röhren in der runden Feuerbuchse solid zu befestigen. Nach den Erfahrungen, welche ich bei der Ausführung von Dampfspritzen-Kesseln mit gegen den Horizont geneigten Röhren gemacht habe, erweist sich diese Schwierigkeit in Wirklichkeit weniger bedeutend, als sie für den ersten Augenblick erscheint. Gelegentlich der Besprechung eines solchen von mir construirten Kessels unter 8) wird dieser Punkt nochmals berührt werden. An diesem Beispiel soll dann gleichzeitig erörtert werden, was über Dampfspritzen-Kessel im Allgemeinen noch zu sagen ist.

(Schluss folgt.)

# Die feuerlose Locomotive, System E. Lamm und L. Francq, und deren Verwendung auf Strassenbahnen.

**Von Helmholtz.**

(Vorgetragen in der Versammlung des Bayerischen Bezirksvereines vom 10. Januar 1879.)

(Hierzu Fig. 1 und 2, Tafel XII.)

Wie wol allgemein bekannt, ist in den letzten Jahren vielfach das Bestreben hervorgetreten, die Zugkraft der Pferde auf den sich jetzt immer mehr verbreitenden Strassenbahnen oder Tramways aus ökonomischen Gründen durch mechanische Zugkraft zu ersetzen. Naturgemäss bot deshalb die letzte Pariser Ausstellung eine grössere Auswahl derartiger Tramwaymotoren; im Ganzen waren deren zehn Stück ausgestellt.

In Bezug auf die zur Lösung der Aufgabe eingeschlagenen Wege kann man zwei Richtungen unterscheiden. Die eine, bei weitem überwiegend auftretende, sucht die gewöhnliche selbständige Locomotive zu verwenden, die ihren Dampf im eigenen Kessel erzeugt, und es erscheint auch diese Lösung der Frage bei dem hohen Grade der Erprobung dieser Maschinen auf unseren Hauptbahnen als die einfachste und naheliegendste. Von den zehn in Paris ausgestellten Maschinen gehörten sieben dieser Classe an; bei denselben war die Aufgabe, die gewöhnliche Locomotive den Bedürfnissen des Strassenbahnverkehrs möglichst anzupassen, allerdings nicht immer in sehr glücklicher Weise gelöst. Einige davon schienen wenigstens mehr in der Absicht construirt zu sein, etwas ganz Aussergewöhnliches, als etwas Praktisches zu schaffen. Dies kommt wol daher, dass eine Anzahl der gegenwärtig den Bau von Tramwaymotoren betreibenden Etablissements sich vorher mit dem Locomotivbau gar nicht beschäftigt hatte.

Es liegen gegen den Strassenbahnbetrieb mit gewöhnlichen Locomotiven immer noch mehrfache Bedenken vor, die zwar im Grunde genommen nicht ohne alle Berechtigung sind, meist aber sehr übertrieben werden und dann Schuld sind, dass die massgebenden Behörden einem derartigen Betriebe in der Regel mit grossem Misstrauen begegnen. So wirft man demselben z. B. Feuergefährlichkeit vor für den Fall, dass die Maschinen etwa durch Dörfer zu passiren haben, an hölzernen Gebäuden, Scheunen u. s. w. vorüber; ferner Verschlechterung der Atmosphäre innerhalb der Städte durch die ausströmenden Heizgase, Belästigung der Fahrenden und Vorübergehenden durch Funken, ausgeworfenes russiges Wasser u. s. w. An manchen Orten verlangt man endlich, dass die Maschinen gar keinen Dampf zeigen, d. h. ihren Abdampf condensiren sollen. Dieses letztere Verlangen erschwert nun die Construction ungemein, und wo man hiervon nicht absieht, wird wol der Dampfbetrieb überhaupt schwer durchzuführen sein. Im Uebrigen lassen sich bei einer gut construirten Maschine die oben angeführten Uebelstände so weit reduciren, dass sie zu Bedenken wenig Veranlassung geben. Dass die letzteren bis jetzt noch nicht überwunden sind, liegt wol eben zum grossen Theile daran, dass die bei Versuchen verwendeten Maschinen theilweise nicht gerade Musterconstructionen waren.

Diese, dem Betriebe mit gewöhnlichen, selbständigen Locomotiven bis zu einem gewissen Grade anhaftenden Uebelstände gaben Veranlassung zur Entstehung der zweiten Classe derartiger Motoren, die ich im Gegensatze zu den vorigen als unselbständige Locomotiven bezeichnen möchte. Das Princip derselben besteht darin, dass derjenige Factor der gewöhnlichen Locomotiven, welcher zu den meisten der obigen Bedenken Veranlassung giebt, nämlich die Feuerung, von der Locomotive entfernt und in besondere stationäre Anstalten verlegt wird, in denen nur die Krafterzeugung geschieht, während die Locomotive selbst anstatt des Krafterzeugers mit einem Kraftreservoir versehen wird, welches nach Ableistung einer bestimmten Arbeit an einer der Krafterzeugungsstationen immer wieder frisch gefüllt wird. Es ist klar, dass auf diese Weise der Stein des Anstosses, die Feuerung, den Augen des Publicums vollständig entrückt wird und in eine Centralstelle vereinigt ebenso wenig Anlass zu Bedenken giebt wie etwa eine Fabrik, wie sie doch auch unbeanstandet inmitten unserer Städte stehen.

In dieser Classe der unselbständigen Locomotiven sind wieder zwei verschiedene Systeme zu unterscheiden:

1) die Locomotiven mit comprimirter Luft, System Mékarski. Dieses System löst allerdings in einer Richtung die gestellte Aufgabe am vollkommensten, indem bei der pneumatischen Locomotive ausser den Verbrennungsproducten auch der Dampf in Wegfall kommt, und sich so die Maschine ohne jedes äussere Zeichen ihrer Eigenschaft als solche vorwärts bewegt. Dennoch glaube ich nicht, dass dieses System eine grosse Zukunft hat, da es entschieden zu kostspielig werden wird. Einestheils erfordert dasselbe ein sehr grosses Anlagecapital für die Errichtung der Luftcompressionsstationen mit Dampfkessel, Dampfmaschinen, Compressionspumpen und Luftreservoiren, anderentheils ist der Arbeitsprocess an sich ein unökonomischer, indem die bei der Luftcompression erzeugte Wärme beinahe ungenutzt verloren geht. In Paris hatte Mékarski zwei Maschinen ausgestellt, und zwar einen Omnibus mit Maschine combinirt, für die Strassenbahn in Nantes bestimmt, und eine gesonderte Maschine zum Ziehen von angehängten Wagen.

Es bleibt uns nun noch:

2) die feuerlose oder Heisswasser-Maschine, System Lamm und Francq, welche den eigentlichen Gegenstand dieses Vortrages bilden soll. Das Kraft-

reservoir derselben besteht in einer überhitzten, d. h. über den Siedepunkt bei Atmosphärendruck, 100° C., hinaus erhitzten Wassermenge, deren Temperatur also einem gewissen Dampfüberdruck entspricht und welche den Dampf für die sonst ganz wie eine gewöhnliche Locomotive construirte Maschine liefert. Es ist klar, dass in Ermangelung einer Feuerung die Dampfbildung auf Kosten der im Wasser enthaltenen Wärme geschieht; es nimmt daher bei fortgesetzter Dampfentnahme die Temperatur und damit der Dampfdruck allmälig ab, die Maschine fährt also wie die pneumatische mit abnehmendem Druck. Die Krafterzeugung geschieht bei diesem System in gewöhnlichen stationären Dampfkesseln, die keine besonderen Eigenthümlichkeiten haben; die Füllung des Maschinenreservoirs geschieht durch Einleiten von Wasser direct oder in neuester Zeit durch Einleiten von Dampf.

Die Dampfmenge, welche innerhalb gegebener Temperaturgrenzen einem solchen Heisswasserreservoir entnommen werden kann, ergiebt sich theoretisch sehr einfach auf folgende Weise. Es seien $P_1$ die Wassermenge, $t_1$ die Temperatur im Reservoir nach erfolgter frischer Füllung, ebenso $P_2$ bezw. $t_2$ nach vollendeter Fahrt; dann ist anfänglich im Reservoir enthalten die Wärmemenge $P_1 t_1$, am Ende $P_2 t_2$. Die Differenz $P_1 t_1 - P_2 t_2$ ist verwendet worden zur Verdampfung der Wassermenge $P_1 - P_2$; bezeichnen wir mit $r$ die Verdampfungswärme bei einer mittleren Temperatur, so haben wir demnach folgende Gleichung:

$$P_1 t_1 - P_2 t_2 = (P_1 - P_2)\, r, \quad \text{woraus:} \quad P_2 = P_1 \frac{t_1 - r}{t_2 - r}.$$

Wir können also bei gegebenen Temperaturgrenzen aus der Anfangs- die Endwassermenge berechnen und kennen damit die Dampfmenge $P_1 - P_2$; kennen wir ferner die Dampfmenge $D$, welche die Maschine pro Stunde und Pferdestärke consumirt, so giebt uns der Quotient $\frac{P_1 - P_2}{D}$ die Anzahl der Stunden und Pferdestärken, welche die Maschine mit einmaliger Füllung zu leisten im Stande ist.

Setzen wir in diese Formeln der Praxis entnommene Zahlenwerthe ein. Es sei: $P_1 = 1800^l$, $t_1 = 200^0$ entsprechend 15 Atm. Ueberdruck, $t_2 = 140^0$ entsprechend etwa 3 Atm. Ueberdruck, $r = 480$ entsprechend 9 Atm., so ergiebt sich:

$$P_2 = 1800 \frac{200 - 480}{140 - 480} = \text{rund } 1500^l;$$

verdampft werden also $300^l$ und bei $D = 25$ können wir damit leisten: $^{300}/_{25} = 12$ Pferdestunden.

Dies stimmt überein mit der nach Bremsversuchen gemachten Angabe, dass innerhalb der obigen Temperaturgrenzen jedes Liter der anfänglichen Füllung eine nutzbare Arbeit von $1800^{mk}$ abgeben könne; für die obigen Verhältnisse also: $1800 \times 1800 = 3\,240\,000^{mk}$, eine Pferdestunde ist gleich: $75 \times 60 \times 60 = 270\,000$, demnach kann die Maschine leisten $\frac{3\,240\,000}{270\,000} = 12$ Pferdestunden.

Die Erfindung der feuerlosen Locomotive stammt aus Amerika, und zwar war es Dr. **Emil Lamm** in New-Orleans, welcher im Jahre 1872 ein Patent darauf nahm und im Jahre 1873 derartige Maschinen auf den Strassenbahnen in New-Orleans in Betrieb setzte. Diese ersten Maschinen scheinen, wie am Ende natürlich, noch etwas mangelhaft construirt gewesen zu sein. Es wird die Angabe gemacht, dass dieselben mit einer Wassermasse von $3^{cbm}$ und 12 Atm. Anfangsdruck mit einem Wagen eine Strecke von $19^{km}$ zurücklegen konnten, eine Leistung, welche der obigen an neueren Maschinen constatirten offenbar bedeutend nachsteht. In Frankreich wurde das System durch den Ingenieur **Léon Francq** eingeführt, und ist derselbe Patentinhaber dort und in anderen europäischen Staaten, auch in Deutschland. Es muss hier erwähnt werden, dass im Winter 1876/77 **Schwartzkopff** in Berlin eine ähnliche Maschine baute und auf verschiedenen Linien der Grossen Berliner Pferdebahn-Gesellschaft Probefahrten damit machte. Die **Schwartzkopff**'sche Maschine war eigentlich ein Mittelding zwischen der feuerlosen und der gewöhnlichen Locomotive, indem eine Hilfsfeuerung in Gestalt eines Coks-Füllofens in das Heisswasserreservoir eingesetzt war, welche dasselbe kleiner zu machen gestattete; freilich ist damit ein Hauptvortheil des feuerlosen Systems wieder preisgegeben. Uebrigens erwies sich die **Schwartzkopff**'sche Maschine als zu schwach; sie wurde dann später mit einem gewöhnlichen Locomotivkessel versehen, machte noch einige Probefahrten, kam jedoch nicht in regelmässigen Betrieb.

Die von L. **Francq** an der ursprünglichen **Lamm**'schen Maschine angebrachten Verbesserungen sind folgende:

Erstens ist die Füllmethode eine andere. Bei der **Lamm**'schen Maschine geschah die Füllung direct durch heisses Wasser und es soll dabei schwer gewesen sein, den Druck im Reservoir der Maschine bis auf die Höhe des Druckes im stationären Kessel hinaufzubringen. Anstatt dessen wendet **Francq** Füllung durch Dampf an. Der Dampf condensirt sich in dem kälteren Wasser des Maschinenreservoirs und giebt seine Wärme an dasselbe ab, so lange bis in Kessel und Reservoir nahezu die gleiche Temperatur, also auch derselbe Druck herrscht. Es ist dies die genaue Umkehrung des Vorganges des Verdampfens während der Arbeit der Maschine und es folgt daraus, dass abgesehen von etwaigen Wasserverlusten durch Undichtheiten u. s. w. der Wasserstand im Reservoir nach der Füllung immer wieder der gleiche sein wird, ohne dass Wasser als solches eingeleitet wird.

Die zweite Verbesserung besteht in der Anbringung eines Druckregulators oder Détendeurs, durch welchen die am Anfange der Fahrt sehr hohe Spannung des Dampfes auf ein Mass reducirt wird, das den Cylinderdimensionen besser entspricht, denn die letzteren müssen natürlich mit Rücksicht auf den niedrigen Druck am Ende der Fahrt verhältnissmässig gross gewählt werden. Der Regulator besteht aus einem Doppelsitzventil, dessen Oeffnung durch einen Kolben, auf den einerseits der

Dampf drückt, andererseits eine durch den Maschinisten verstellbare Federwage, so regulirt wird, dass hinter dem Ventil stets ein bestimmter, der jeweiligen Stellung der Federwage entsprechender Druck herrscht.

Endlich hat Francq noch einen Ueberhitzer angebracht; es ist dies einfach ein durch das Reservoir hindurchgehendes weites Rohr, welches der vom Regulator kommende expandirte, also kältere Dampf auf dem Wege nach den Cylindern passirt.

Die Ausführung der Francq'schen Maschinen hat für Frankreich die bekannte Fabrik von Cail & Co. in Paris übernommen. Mit der ersten dort erbauten Maschine wurden Probefahrten von St. Augustin nach Neuilly bei Paris vorgenommen, dieselbe zeigte aber noch verschiedene Mängel, die zu Abänderungen Veranlassung gaben. Eine solche Locomotive der neuesten Form befand sich auf der Ausstellung, während drei andere ganz gleiche auf der Strassenbahn von Rueil nach Marly-le-roi in der Nähe von Paris seit längerer Zeit in regelmässigem Betriebe stehen.

Die Construction der Maschine ist im Wesentlichen aus den Fig. 1 und 2, Taf. XII, zu ersehen. Das Untergestell mit Dampfmaschine unterscheidet sich in nichts von dem einer gewöhnlichen Locomotive. Die Maschine hat zwei gekuppelte Achsen mit Rädern von 750$^{mm}$ Durchmesser, innere, geneigt liegende Cylinder von 230$^{mm}$ Durchm. und 250$^{mm}$ Hub, Steuerung nach Stephenson; ausserhalb der Räder liegen nur die Kuppelstangen. Das Wasserreservoir bildet ein cylindrischer Kessel von 1$^{m}$ Durchm. und 2,7$^{m}$ Länge, am einen Ende trägt dasselbe einen Dampfdom; in frisch gefülltem Zustande fasst es 1800$^{l}$ Wasser und 440$^{l}$ Dampf, der höchste Dampfdruck ist 15 Atm. An der einen Stirnwand befindet sich das Füllventil mit Rohrkuppelung für das Zuleitungsrohr des stationären Dampfkessels. Von diesem Ventil aus wird der Dampf im Inneren des Reservoirs in ein an dessen tiefster Stelle liegendes siebartig durchlöchertes Rohr eingeleitet. Beim Ausströmen aus den freien Oeffnungen vermengt sich der Dampf sehr innig mit dem Wasser, und auf diese Weise ist es möglich, die Spannung im Reservoir derjenigen im Dampfkessel bis auf $^1/_2$ Atm. nahe zu bringen.

Die Verkleidung des Reservoirs ist zur Vermeidung von Wärmeverlusten sehr sorgfältig hergestellt, und zwar von innen an gerechnet durch eine isolirende Luftschicht, einen Blechmantel, eine Schicht Lehm, und darüber zu äusserst einen Mantel von polirten Holzleisten, der durch blanke Messingbänder zusammengehalten ist; die ganze Dicke der Verkleidung beträgt etwa 90$^{mm}$. Nach Versuchen im Winter, bei einer äusseren Temperatur von 0° beträgt der Druckverlust in 4 Stunden durch Ausstrahlung 1 Atm. Da die Fahrt mit einmaliger Füllung in der Praxis wol selten länger als 1 oder 2 Stunden dauern wird, so macht sich dieser Verlust nur sehr wenig bemerklich.

Die Entnahme des Arbeitsdampfes geschieht aus dem oberen Theile des Domes durch ein mit länglichen Schlitzen versehenes Admissionsrohr, das zu dem ausserhalb am Dome angebrachten Détendeur führt; aus diesem wird der Dampf in das im Inneren des Reservoirs schräg abfallende weite Rohr geleitet, das als Ueberhitzer dient. Am unteren Ende desselben, zwischen den Cylindern, liegt dann der gewöhnliche Schieberregulator zum Zulassen und Absperren des Dampfes.

Die Handgriffe zum Regulator und zur Federwage des Détendeurs, der Steuerhebel, der Fusstritt zur Bremse sind doppelt vorhanden, an beiden Enden der Maschine; ebenso befinden sich an beiden Enden je zwei Manometer, deren eines die Dampfspannung im Reservoir, der andere diejenige hinter dem Détendeur anzeigt. Die Maschine kann also von beiden Enden aus gehandhabt werden, der Führer steht in beiden Fahrrichtungen vorn auf der Maschine und hat einen durchaus ungehinderten Ausblick auf die Bahn vor sich.

Der Abdampf wird in einen Oberflächencondensator geleitet, der neben dem Dom über dem Reservoir angebracht ist, jedoch seinen Zweck nur sehr unvollständig erfüllt. Es wurde schon oben auf die Schwierigkeit der Condensation bei Locomotiven aufmerksam gemacht. Der in Frage stehende Condensator besteht aus einem Apparat von 600 Röhren von 25$^{mm}$ Durchm. und 0,75$^{m}$ Länge, in welchen die zur Abkühlung dienende Luft aufsteigt, während der Dampf dieselben von oben nach unten absteigend umspült. Die ganze Kühlfläche beträgt 37,5$^{qm}$, es können jedoch damit bei einer etwa 10pferdigen Leistung nach Angabe des Constructeurs selber nur etwa 30 bis 40 pCt. des verbrauchten Dampfes condensirt werden. Man ersieht daraus, was für kolossale Oberflächen zur vollständigen Condensation durch Luft nöthig wären. Uebrigens belästigt der abströmende Dampf durchaus Niemanden; die Maschine hat zwar einen niedrigen, kaum über das Dach hervorragenden Schornstein und die Wagen der Bahn Rueil-Marly sind mit Imperiale versehen, so dass der Dampf direct über die Imperiale des ersten Wagens hinstreicht; indessen habe ich mich durch eigene Anschauung überzeugt, dass sich dadurch Niemand unter den Passagieren beschwert fühlt, da eben der Dampf ganz frei von Verbrennungsproducten ist.

Das Gewicht der Maschine ist leer 135 Ctr., im Dienst 175 Ctr., was für unseren gewöhnlichen Strassenbahn-Oberbau eigentlich schon etwas viel ist.

Ein regelmässiger Betrieb mit der feuerlosen Locomotive ist, wie schon mehrfach erwähnt, eingeführt auf der Tramway à vapeur von Rueil nach Port-Marly und Marly-le-roi, von da aus soll die Bahn später bis Versailles fortgesetzt werden. Es ist dies keine eigentliche Strassenbahn in dem bei uns gebräuchlichen Sinne des Wortes, sowol was den Bahnkörper als die Art des Betriebes anbelangt, und wäre eigentlich passender als Secundärbahn zu bezeichnen. Die Bahn beginnt beim Bahnhofe Rueil, Station der Bahn Paris—St. Germain; von hier bis nach dem Orte Rueil liegt sie auf einem eigens hergestellten Bahnkörper, dann benutzt sie den einen Fussweg der Chaussee von Paris nach St. Germain, auf einem grossen Theile der Strecke dicht neben der

Seine herlaufend. Die Bahn ist normalspurig, eingleisig, mit gewöhnlichen breitbasigen Schienen hergestellt, die über den Boden hervorragen; die gewöhnlichen Strassenfuhrwerke können also auf dem Bahnkörper nicht verkehren ausser an den Strassenkreuzungspunkten, die ganz in der Weise hergestellt sind wie bei unseren normalen Eisenbahnen. An den Endstationen sind Betriebseinrichtungen vorhanden, die man bei Strassenbahnen gar nicht gewöhnt ist, z. B. Drehscheiben; überhaupt hat die Bahn der Bauart nach mit einer Strassenbahn nichts gemein als etwa die sehr scharfen Curven, bis zu $30^m$ Radius herab. Ebenso ist die Art des Betriebes eine andere. Die Wagen haben allerdings ganz die typische Form der Strassenbahnwagen, jedoch giebt es eine I. und II. Wagenclasse, es wird nur an bestimmten Stationen angehalten, die Fahrbillets werden an den Stationen und nicht im Zuge ausgegeben, die Züge folgen in grösseren Zwischenräumen von 1 bis 2 Stunden auf einander. Im Betriebe ist die Bahn in zwei Abtheilungen getheilt, in die Strecken Rueil—Port Marly und Port Marly — Marly-le-roi, es ist nur eine Füllstation für die Locomotiven vorhanden, und zwar in Port-Marly.

Die erstere, etwa $7{,}5^{km}$ lange Strecke ist ziemlich eben, die Höhendifferenz der Endpunkte beträgt nur $1{,}5^m$; dazwischen sind allerdings Gegensteigungen vorhanden, doch beträgt die mittlere Steigung nur 1 : 150. Es verkehrt hier alle Stunde in jeder Richtung ein Zug bestehend aus Maschine und in der Regel drei Wagen, und zwar ein Wagen I. Classe ohne, zwei Wagen II. Classe mit Imperiale. Die Fahrtdauer einschl. Anhalten an elf Zwischenstationen beträgt 36 Minuten; der erste Zug geht Morgens 7 Uhr, der letzte Nachts um 1 Uhr. Dieser strenge Dienst wird durch nur zwei Maschinen versehen, das Führerpersonal ist doppelt vorhanden; mit einmaliger Füllung läuft die Maschine ein Mal hin und zurück, hierzu braucht sie $^5/_4$ Stunden und hat dann in Port-Marly $^3/_4$ Stunden Zeit zum frischen Füllen. Der Dampfdruck sinkt auf der Hinfahrt nach Rueil von 15 auf $6^1/_2$, auf der Rückfahrt von $6^1/_2$ auf 3 Atm. Das Gewicht des Zuges wird zu $18^3/_4{}^t$ angegeben, die Leistung bei einmaliger Hin- und Rückfahrt zu $3\,100\,000^{mk}$, was mit den oben gegebenen Daten übereinstimmt.

Die andere Betriebsstrecke von Port-Marly nach Marly-le-roi ist nur $1{,}85^{km}$ lang, steigt aber auf ihrer ganzen Länge stark an. Der Endpunkt liegt $77^m$ über Port-Marly, die mittlere Steigung beträgt 1 : 24, die stärkste 1 : 17. Hier verkehrt nur alle 2 Stunden, von Morgens 6 Uhr bis Abends 10 Uhr, ein Zug bestehend aus Maschine und zwei Wagen, welcher zur Hin- und Rückfahrt je 10 Minuten braucht. Die Leistung bei der Bergfahrt wird zu $1\,550\,000^{mk}$ angegeben; bei der Thalfahrt braucht die Maschine selbstverständlich gar nicht zu arbeiten, es muss im Gegentheil gebremst werden. Demnach könnte die Maschine mit einer Füllung eigentlich zweimal hin- und zurückfahren, es wird jedoch nach jeder Fahrt wieder frisch gefüllt, wol weil die Zugkraft der Maschine bei niedrigem Druck für die starke Steigung nicht mehr ausreicht. Den Dienst auf dieser Strecke versieht die dritte der vorhandenen feuerlosen Locomotiven; als Reserve sind zwei ältere gewöhnliche Locomotiven mit eigener Feuerung vorhanden.

In der Füllstation zu Port-Marly geschieht die Erzeugung des Dampfes in zwei liegenden Röhrenkesseln von der Form der Locomotivkessel, von je $50^{qm}$ Heizfläche, $0{,}9^{qm}$ Rostfläche, $2800^l$ Wasserraum, 16 Atm. Ueberdruck. Ausser einem gemauerten Canal, auf welchem die Kessel mit den Rauchkammern aufliegen und der in einen blechernen Kamin mündet, bedürfen die Kessel gar keiner Mauerung; darüber ist ein einfacher Schuppen errichtet. Gegen die Stirnenden der Kessel zu führen zwei Gleise in denselben hinein, auf denen die zu füllenden Maschinen anfahren. Dieselben fahren so weit, bis sie mit dem Buffer an eine dort angebrachte Schranke anstossen, alsdann passen das Füllventil der Maschine und das Dampfzuleitungsrohr des Kessels genau auf einander, durch einige Umdrehungen der Schraubenmutter an der Rohrkuppelung ist die Verbindung zwischen Kessel und Maschinenreservoir hergestellt und die Füllung kann beginnen. Die ganze Anlage ist eine verhältnissmässig einfache, schnell herstellbare und nicht viel Capital erfordernde, namentlich im Vergleich mit den Luftcompressions-Stationen des Systems Mékarski. In Port-Marly ist bis jetzt immer nur einer der Kessel im Betriebe; mit einem Kessel erfordert die Füllung des Maschinenreservoirs 15 Minuten, mit zwei Kesseln 7 bis 8 Minuten, ein Kessel kann also pro Stunde vier Maschinen mit Dampf versehen.

Als Vortheil der feuerlosen vor der gewöhnlichen Locomotive führt der Erfinder Folgendes an:

Wegfall der mit einer Feuerung verbundenen Belästigung des Publicums durch Rauch, Funken, russiges Wasser, und der Beschmutzung der Wagen dadurch. Unmöglichkeit der Entstehung von Bränden durch die Locomotive, Unmöglichkeit von Kesselexplosionen u. s. w. Es lässt sich nicht leugnen, dass, wo es sich um Erlangung der Concession zum mechanischen Betriebe handelt, diese Vortheile allerdings sehr zu Gunsten des feuerlosen Betriebes ins Gewicht fallen werden, wenn auch die mit der gewöhnlichen Locomotive verbunden sein sollenden Unannehmlichkeiten und Gefahren meist etwas imaginärer Natur sind.

Ferner soll der feuerlose Betrieb ein ökonomischerer sein, und zwar in Bezug auf Brennmaterialverbrauch und auf Reparaturkosten. Auch dies dürfte theilweise richtig sein. Es ist wol unzweifelhaft, dass sich dieselbe Dampfmenge in einem grossen stationären Kessel billiger erzeugen lässt als in mehreren kleinen Locomotivkesseln. Abgesehen von den mit der Centralisation überhaupt verbundenen Vortheilen kann man im stationären Kessel jedes Brennmaterial verwenden, während die Locomotiven beim Strassenbahnbetriebe mit den theuren Coks geheizt werden müssen. Dem gegenüber

steht allerdings ein ziemlich hoher Dampfverbrauch der feuerlosen Locomotive wegen des niedrigen mittleren Arbeitsdruckes, wie oben erwähnt etwa $25^k$ pro Stunde und Pferd, während man sonst bei einer guten Locomotive $15^k$ rechnet. Die letztere Zahl jedoch gilt für unsere grossen Locomotiven auf Hauptbahnen, eine Strassenbahn-Locomotive dürfte wol unter keinen Umständen so günstig arbeiten wie diese, weil sie kleiner ist, weil sie wegen des häufigen Anhaltens die Expansion nicht so gut ausnutzen kann und überdies die Führer gern mit weit ausgelegter Steuerung und gedrosseltem Dampfe fahren, um keinen hohen Druck auf die Kolben zu bekommen und den Mechanismus zu schonen, und das hat am Ende auch eine gewisse Berechtigung bei einer Maschine, welche den nachtheiligen Einflüssen des Strassenstaubes so ausgesetzt ist. Ich glaube deshalb, dass man bei der selbständigen Locomotive beim Strassenbahnbetriebe auf einen Dampfverbrauch von $20^k$ pro Stunde und Pferd rechnen kann, die feuerlose Locomotive mit $25^k$ brauchte demnach $1/4$ mehr, und dieser Mehrverbrauch dürfte durch die billigere Dampferzeugung mehr als aufgewogen werden. Auf der Bahn Rueil — Marly soll eine gewöhnliche Locomotive für die Fahrt von Port-Marly nach Rueil und zurück für 3,20 Frcs. Brennmaterial brauchen, eine feuerlose dagegen für 1,50 Frcs.

In Bezug auf die Reparaturkosten führt der Erfinder an, dass er im Ganzen eine viel geringere Zahl Dampfkessel im Betriebe hat, dass ferner durch den Wegfall des Kessels auf der Locomotive selbst die Haupt-Reparaturquelle der letzteren beseitigt ist und dass man deshalb auf eine längere Dauer der Maschine rechnen kann und weniger Reservemaschinen zu halten braucht. Er meint ferner, dass auch der Mechanismus länger aushalten werde, weil beim Reversiren, d. h. Zurücklegen des Steuerhebels zum Zwecke schnellen Anhaltens, das schädliche Ansaugen von heissen Gasen aus der Rauchkammer in die Cylinder bei der feuerlosen Maschine wegfällt. Dieser letztere Grund aber ist wol wenig stichhaltig, denn bei den geringen bewegten Massen und Geschwindigkeiten, um die es sich beim Strassenbahnbetriebe handelt, wirkt eine gewöhnliche Backenbremse so schnell und kräftig, dass es wol keinem Führer einfallen wird, sich häufig des Reversirens zu bedienen. Ich glaube eigentlich eher im Gegentheil, dass auf die Instandhaltung des Mechanismus bei der feuerlosen Locomotive grössere Sorgfalt verwendet werden muss, weil sich Dampfverluste durch Undichtheiten u. s. w. in viel fatalerer Weise bemerkbar machen werden als bei der gewöhnlichen Locomotive.

Schliesslich wird noch die Ersparniss durch Wegfall des Heizers auf der Locomotive angeführt; Hr. Francq rechnet einen Heizer auf drei stationäre Kessel zur Versorgung von zehn Locomotiven.

Gegenüber diesen theilweise nicht zu leugnenden Vortheilen möchte ich doch auch die schwachen Seiten des Systems berühren, die mit dem Principe der Unselbständigkeit der Locomotive innig zusammenhängen. Der Erfinder glaubt, dass der feuerlose Betrieb unter allen Verhältnissen vortheilhaft sein werde, und reflectirt nicht nur auf Strassenbahnen, sondern auch auf längere Secundärbahnen, wie sie jetzt vielfach, namentlich auch in Frankreich, auf den Landstrassen angelegt werden. Ich bin jedoch der Ansicht, dass es sehr auf die Bahnverhältnisse ankommt, ob der feuerlose Betrieb vortheilhaft oder überhaupt durchführbar ist. Der denkbar günstigste Fall für denselben ist offenbar ein Bahnnetz, dessen verschiedene Linien radial von einem Mittelpunkte auslaufen und deren keine so lang ist, dass sie nicht mit einer Füllung hin und zurück befahren werden könnte. Man braucht dann nur eine grosse Füllstation im Knotenpunkte anzulegen, welche sämmtliche Locomotiven des ganzen Bahnnetzes versorgt, und deren stationäre Kessel sehr gut ausgenutzt werden können. Ganz besonders günstig würde sich die Sache gestalten, wenn der Knotenpunkt tief liegt und die Bahnlinien nach aussen zu ansteigen. Die Locomotiven hätten dann für die Bergfahrt frischen Dampf von hoher Spannung, auf der Rückfahrt, wo die Spannung niedrig ist, hätten sie nicht mehr viel zu leisten. Dieser Fall entspräche etwa einer grossen Stadt, die in einem Thalkessel liegt und von deren Mittelpunkt verschiedene Linien nach den Vororten hinaus führen. Bei der Bahn Rueil—Marly sind diese günstigsten Bedingungen für einen zweckmässigen feuerlosen Betrieb erfüllt: die Füllstation Port-Marly liegt an der tiefsten Stelle der Bahn, und von hier aus kann in beiden Richtungen die Fahrt hin und zurück mit einer Füllung ausgeführt werden.

Wir wollen dem einen Fall gegenüberstellen, wo die Verhältnisse für den feuerlosen Betrieb ungünstig liegen. Nehmen wir z. B. eine Secundärbahn von $45^{km}$ Länge in einer Linie fortlaufend an; nehmen wir ferner an, die Verkehrsverhältnisse erforderten solche Züge, wie sie zwischen Rueil und Marly verkehren, aus drei Wagen bestehend, und der Oberbau erlaube keine schwereren Maschinen als die oben beschriebenen von $1800^l$ Anfangsfüllung und 175 Ctr. Dienstgewicht. Wie wir oben gesehen haben, kann man dann mit einer Füllung eine mittelmässig ebene Strecke von $15^{km}$ zurücklegen. Wir brauchen also alle $15^{km}$ eine Füllstation und kommen mit der geringsten Anzahl derselben,




nämlich mit drei aus, wenn wir sie so vertheilen, wie nebenstehend angegeben. Wollten wir an den Endpunkten Füllstationen haben, so brauchten wir deren vier. Man sieht auf einen Blick, wie unbequem die Sache für den Betrieb wäre. Man kann die Züge Morgens und Abends nicht an den Endpunkten der Bahn anfangen bezw. aufhören lassen, auf der Fahrt von einem Endpunkte zum anderen muss jeder Zug entweder dreimal die Maschine wechseln oder dreimal $1/4$ Stunde Aufenthalt zur Füllung haben. Wenn wir

ferner annehmen, der Verkehr sei ein schwacher und könne durch zwei Maschinen bewältigt werden, so brauchen wir also für zwei Maschinen drei Füllstationen mit je zwei Kesseln, oder für eine kleine Maschine, deren Leistung etwa derjenigen einer gewöhnlichen Locomotive von 10$^{qm}$ Heizfläche entspricht, drei grosse stationäre Kessel von je 50$^{qm}$ Heizfläche. Reservekessel sind absolut nothwendig, denn man denke sich die unangenehme Situation auf einer solchen Füllstation, wenn der Kessel betriebsunfähig wird und kein Ersatz dafür da ist; es würden dann eben alle an der Station ankommenden Züge rettungslos festsitzen. Ich glaube nicht, dass sich bei derartigen Verhältnissen Jemand finden würde, der Lust hat, den feuerlosen Betrieb einzuführen.

Das Liegenbleiben von Maschinen, denen der Dampf ausgegangen ist, wird überhaupt bei einem ausgedehnten feuerlosen Betriebe meines Erachtens nicht gerade zu den Seltenheiten gehören, wenigstens dann nicht, wenn die Maschinen so berechnet sind, dass ihr Kraftreservoir für die ihnen zugemuthete einmalige Leistung unter normalen Verhältnissen gerade ausreicht. Es dürfte wol kein Betrieb ganz frei sein von gewissen Unregelmässigkeiten, die einen höheren Dampfverbrauch zur Folge haben. Dahin gehören Fehler im Zustande der Maschine: Undichtheiten an Schiebern, Kolben, Stopfbuchsen, schweres Arbeiten des Mechanismus infolge angefressener Lager u. s. w. Dann ausnahmsweise Vergrösserung der angehängten Last durch besonders starke Frequenz an Festtagen u. s. w., oder Vergrösserung des Bahnwiderstandes durch Witterungsverhältnisse, namentlich Schneefall. Es sind dies alles Dinge, die überall vorkommen können. Die selbständige Locomotive mit eigener Feuerung ist allen diesen Verhältnissen gewachsen. Sie wird zwar unter Umständen forcirt werden müssen und wird dann ungünstiger arbeiten, viel Dampf und Brennmaterial brauchen, oder sie wird an Fahrzeit zusetzen müssen, aber sie ist doch überhaupt noch im Stande, auch unter solchen erschwerenden Verhältnissen ihren Dienst zu thun, und das ist die Hauptsache. Ebenso wird der Pferdebetrieb unter solchen Umständen zwar oft hart an Thierquälerei grenzen, aber er wird doch überhaupt noch möglich sein. Anders steht es beim feuerlosen Betriebe, wenn nicht für solche Fälle durch ganz besondere Einrichtungen vorgesehen ist. Die feuerlose Locomotive kann mit einmaliger Füllung nur ein ganz bestimmtes Arbeitsquantum verrichten. Sobald ihr mehr zugemuthet wird, wird sie mit ihrem Dampf zu früh zu Ende sein, ehe sie wieder an der Füllstation angelangt ist, und die Betriebsstörung ist da. Namentlich bei starkem Schneefall würde, fürchte ich, der Betrieb kaum mehr durchzuführen sein, wenn nicht sofort für Beseitigung des Schnees gesorgt wird. Eine solche wegen vergrösserten Bahnwiderstandes liegen gebliebene Maschine durch eine andere feuerlose abholen zu lassen, ist auch eine unzuverlässige Sache, denn die Hilfsmaschine hätte zu dem grösseren Widerstande noch eine weit grössere Last zu ziehen, und es könnte leicht vorkommen, dass es ihr ebenso geht. Ein einfaches Mittel, dem feuerlosen Betriebe über derartige Verhältnisse hinwegzuhelfen, ist nicht immer leicht zu finden. Wo mit mehreren angehängten Wagen gefahren wird, kann man sich verhältnissmässig leicht helfen, indem man die Wagenzahl entsprechend reducirt, wenn dies auch im Interesse des Verkehrs wenig wünschenswerth ist. Wird nur mit einem Wagen gefahren, so macht sich die Sache schwieriger. Man müsste eben dann nur die Hälfte der Züge verkehren lassen und jeden Wagen mit zwei Maschinen befördern, eine gewiss sehr eigenthümliche Betriebsweise. Oder man müsste die Leistungsfähigkeit der Maschinen so gross machen, dass sie auch unter derartigen erschwerenden Umständen noch ausreicht, dann würde man aber für die normalen Betriebsverhältnisse ganz unverhältnissmässig schwere Maschinen bekommen und die ganze Oekonomie wäre in Frage gestellt; dasselbe würde der Fall sein, wenn man etwa die Maschinen so einrichtete, dass sie auch als selbständige Locomotiven mit eigener Feuerung functioniren könnten, d. h. mit einem Locomotivkessel versähe, dessen Wasserraum so gross ist, dass er als Heisswasserreservoir ausreicht, und der also für gewöhnlich nicht geheizt wird. Ein anderes Mittel wäre endlich noch die Anlage von Aushilfs-Füllstationen; diese würden wieder das Anlagecapital sehr erheblich erhöhen, den grössten Theil des Jahres ausser Betrieb stehen und die Rentabilität sehr beeinträchtigen.

Aus diesen Gründen glaube ich, dass der feuerlose Betrieb nur da zweckmässig ist, wo folgenden Bedingungen genügt ist:

1) Wo auf die Vermeidung der Feuerung auf der Locomotive selbst aus Sicherheits- oder sanitären Rücksichten ein besonderer Werth gelegt wird.

2) Wo die Bahn- und Betriebsverhältnisse, wie oben erläutert, derartig sind, dass man mit wenigen Füllstationen auskommen und die Leistungsfähigkeit der stationären Kessel gut ausnutzen kann.

3) Wo der Verkehr ein ziemlich gleichmässiger ist, so dass es nicht erforderlich ist, an einzelnen Tagen die Züge zu verstärken.

4) Wo für eine gute und schnelle Strassenreinigung von Schnee leicht gesorgt werden kann, oder dies infolge eines milden Klimas nicht nöthig ist.

Diese Bedingungen werden wol meist nur innerhalb grösserer Städte erfüllt sein, für dieses Gebiet allein wird der feuerlose Betrieb von besonderem Werthe sein. Und wo die Verhältnisse für ihn so günstig liegen, ist es wohl möglich, dass durch den geringeren Brennmaterialverbrauch und die kleinere Anzahl der im Betriebe stehenden Dampfkessel Ersparnisse gemacht werden können gegenüber dem Betriebe mit gewöhnlichen Locomotiven. Auf die Eventualität des Steckenbleibens einzelner Maschinen wird man freilich immer gefasst sein müssen; es muss Vorsorge getroffen werden, dass eine liegen gebliebene Maschine so schnell wie möglich abgeholt werden kann. Zu diesem Zwecke dürfte es wol das Beste sein, eine oder zwei selbständige

Locomotiven in Reserve zu halten. Hervorzuheben ist, dass, wie schon oben erwähnt, auf der Linie Rueil — Marly thatsächlich zwei solcher Locomotiven als Reserve vorhanden sind, und es mögen triftige Gründe vorliegen, dieselben beizubehalten.

Die feuerlose Locomotive wird mit der selbständigen nicht concurriren können auf längeren fortlaufenden Linien, namentlich bei schwächerem Verkehr, weil hier die Zahl der Füllstationen eine unverhältnissmässig grosse wird. Dann auf Bahnen mit stark wechselnder Frequenz, z. B. Vergnügungsbahnen; endlich wo man mit Verkehrserschwerungen durch die Witterungsverhältnisse viel zu schaffen hat, wie es wol draussen auf den Landstrassen in unserem Klima in der Regel der Fall ist.

Immerhin wird es als ein Fortschritt anzusehen sein, wenn auch auf solchen weniger günstig situirten Linien der feuerlose Betrieb probeweise eingeführt wird. Die Concession dazu wird wol in der Regel leichter zu erlangen sein als die zum Betriebe mit selbständigen Locomotiven. Es wäre damit immerhin ein Hauptschritt vorwärts gethan; die Vorurteile gegen den mechanischen Betrieb schwinden allmälig, und wenn es sich dann auch mit der Zeit herausstellt, dass der feuerlose Betrieb für die speciellen Verhältnisse doch nicht so recht zweckmässig ist, so ist der Schritt bis zur eigentlichen selbständigen Locomotive nicht mehr so weit und auch das bezahlte Lehrgeld am Ende nicht so bedeutend. Die stationären Dampfkessel kann man immer wieder verkaufen, und die vorhandenen feuerlosen Locomotiven können leicht in selbständige umgebaut werden, indem man die Heisswasserreservoire herunternimmt und gewöhnliche Locomotivkessel darauf setzt.

Und so glaube ich, dass neben seiner Hauptbestimmung zum Betriebe der Strassenbahnen innerhalb der Städte, der feuerlose Betrieb in vielen Fällen eine sehr erwünschte Uebergangsstufe bilden wird vom Pferdebetrieb zum Betriebe mit der gewöhnlichen selbständigen Locomotive.

## Geschichtlicher Rückblick auf die Versuche der Entphosphorung des Eisens.

Von Dr. **K. List.**

(Vorgetragen in der Versammlung des Westfälischen Bezirksvereines vom 11. Mai 1879.)

Bald nachdem man angefangen hatte, das Eisenhüttenwesen vom chemischen Standpunkte aus zu beleuchten, ist erkannt worden, dass es nicht möglich ist, im Hohofen den Phosphor vom Eisen fern zu halten, wie solches mit dem Schwefel durch Modificirung der Verhältnisse unter den Bestandtheilen der Beschickung möglich ist. Den Grund hiervon hat schon Karsten vor 40 Jahren mit den Worten ausgesprochen: „Zur Verminderung des Phosphorgehaltes im Roheisen bietet der Hohofenbetrieb kein Mittel dar, denn der ganze Gehalt an Phosphorsäure reducirt sich beim Verschmelzen der Erze zu Phosphor und verbindet sich mit dem Roheisen, ohne dass eine Spur von Phosphor oder Phosphorsäure in die Schlacken gebracht werden konnte.“*)

So wenig es auch nöthig scheinen mag, die Richtigkeit dieses Satzes jetzt noch durch Versuche zu begründen, so mögen doch die experimentellen Beweise hier mitgetheilt werden, welche Caron 1863 geliefert hat.**) Er hat Spatheisenstein in einem Tiegel durch Holzkohle reducirt, welcher phosphorsaurer Kalk beigemischt war. Der Zusatz von Kalkphosphat war so berechnet, dass, wenn sein Phosphorgehalt vollständig in das erhaltene Roheisen überging, dieses 1 pCt. P enthalten musste. Um zu erfahren, ob eine Abänderung der Mischung von Einfluss sein könne, hat er sechs verschiedene Versuche gemacht: das Eisen enthielt

1) bei Zusatz von 15 pCt. Kieselsäure . . 0,92 pCt. P
2) „ „ „ 10 „ „ . . 0,89 „ „
3) „ „ „ 5 „ „ . . 0,87 „ „
4) ohne Zusatz . . . . . . . . . . 0,86 pCt. P
5) bei Zusatz von 5 pCt. kohlensaurem Kalk 0,82 „ „
6) „ „ „ 10 „ „ „ 0,82 „ „

Es ergiebt sich also, dass eine kieselsäurereiche Beschickung zwar die Zersetzung des phosphorsauren Kalkes befördert, dass aber ein Ueberschuss an basischen Bestandtheilen den Phosphor nicht zurückhalten kann.

Es sind mithin nur zwei Wege, welche zu dem Ziele führen können, aus phosphorhaltigen Erzen phosphorfreies Schmiedeeisen oder Stahl zu erzeugen: entweder muss man die Erze vor der Verhüttung von ihrem Gehalt an Phosphaten befreien, oder das phosphorhaltige Roheisen vor oder während der Verarbeitung zu Schmiedeeisen oder Stahl einer Behandlung unterwerfen, welche ihm den Phosphor bis auf eine unschädliche Menge, also auf wenige Zehntausendstel entzieht.

Da der Phosphor in den Eisenerzen als Phosphorsäure, gebunden an basische Oxyde vorkommt — als Kalkphosphat im Blackband und den Eisensteinen der Liasformation, z. B. in Luxemburg und Cleveland, als Eisenoxydphosphat im Raseneisenstein und im Bohnerz, z. B. dem der Ilseder Hütte — so ist es nur möglich, ihn auf nassem Wege, durch Auslaugen daraus fortzuschaffen, und zwar nur durch Behandeln mit schwacher Säure, welche die eigentlichen Eisenerze ungelöst lässt. Man hat in der That diese Methode im Grossen versucht. 1865 hat A. Stromeyer über seine Versuche mit dem Ilseder Erz berichtet.*) Dieses enthält 25 pCt. kohlensauren Kalk und 1,17 pCt. Phosphor und liefert ein Roheisen mit 2,8 bis 4,3 pCt. Phosphor. Es wurde geröstet, der gebrannte Kalk abgeschlämmt, und der

*) „Handbuch der Eisenhüttenkunde“. 3. Aufl. 1841. Bd. 4. S. 318. Zur Zeit der zweiten Auflage: 1827 scheint dies Verhalten noch nicht bekannt gewesen zu sein.

**) Dingler's „Polytechn. Journ.“ Bd. 169, S. 349.

*) Dingler's „Polytechn. Journ.“ Bd. 176. S. 404.

aus haselnussgrossen Stücken bestehende Rückstand 24 Stunden lang mit verdünnter Salzsäure behandelt (1 Th. Salzsäure mit 4 Th. Wasser). Der Phosphorgehalt des daraus erblasenen Eisens war von 4,3 auf 0,6 pCt. herabgegangen. Trotz dieses offenbaren Erfolges und obgleich das in der Säure gelöste Phosphat als Düngmaterial verwerthet werden konnte, hat der ganze Versuch doch kein anderes als historisches Interesse.

J. Jacobi hat sich 1870 ein Verfahren patentiren lassen*), bei welchem er schweflige Säure oder Schwefelsäure anwendet; erstere ist am billigsten durch Rösten von Kiesen zu erhalten und kann direct in die Erze geleitet werden, letztere würden Hüttenwerke vorziehen, wo zugleich eine Schwefelsäurefabrik vorhanden ist. Beide können, nachdem sie auflösend gewirkt haben, aus der Lösung wiedergewonnen werden, um von neuem zu dienen. Die Auflösung erfolgt in grossen Behältern, die, sobald die Erze erschöpft sind, entleert und bis zum völligen Auswaschen mit Wasser gefüllt werden. Dies Verfahren soll sich zu Kladno in Böhmen „glänzend bewährt" haben.**) 1877 ist es in Cleveland versucht worden.***) Der Eisenstein enthielt in vier Versuchen 1,14 bis 1,80 pCt. Phosphorsäure. Nach 24stündiger Behandlung des gerösteten Erzes mit 10procentiger schwefliger Säure war die Phosphorsäure bis auf 0,09 bis 0,18 entfernt, also etwa 90 pCt. beseitigt worden. Da sich indessen ergab, dass gröbere Stücke nur wenig Veränderung erlitten, so ist man von weiteren Versuchen abgestanden.

Auch durch Kochsalzlösung hat man die Eisenerze entphosphoren wollen (Rowan und Forbes). Noch weniger als hierbei wollen wir bei dem Vorschlage verweilen, die Erze mit schmelzendem kohlensauren Natron zu behandeln; abgesehen von allem Uebrigen würde auch hier das Innere der gröberen Stücke nicht angegriffen werden. Dagegen dürfen wir nicht übergehen, welches Resultat Stead beim Zusammenschmelzen von Cleveland-Eisenstein mit Fluorcalcium erhielt, da mehrfach empfohlen ist, bei Phosphat enthaltenden Erzen der Mischung Flussspath zuzusetzen. Stead†) schmolz Eisenstein, welcher 1,8 pCt. P in das Eisen lieferte, mit 25 pCt. Flussspath in einen Tiegel zusammen und erhielt einen Eisenregulus mit 1,8 P. Dann reducirte er zwei gleich grosse Mengen Eisenstein, die eine wie gewöhnlich mit Zusatz von Kalkstein, die andere mit Flussspath, beide lieferten ein Eisen mit gleichviel Phosphor (1,627 und 1,630 pCt.). Somit ist dargethan, dass durch Flussspath das Eisen nicht vor dem Phosphor geschützt werden kann. —

Wenn wir nun auf die zahlreichen Versuche zurückblicken, welche gemacht sind, um den Phosphor während seiner Bildung im Hohofen oder bei seiner Umwandlung während des Frischprocesses vom Eisen fern zu halten, so können wir in ihrer Geschichte zwei Perioden unterscheiden. In der ersten hat man auf Grund von im Laboratorium oder gar nur in der Bibliothek gemachten Studien die verschiedensten Stoffe zur Entphosphorung vorgeschlagen, ohne Rücksicht auf die im Grossbetriebe stattfindenden Verhältnisse und Nebenumstände. Erst vor etwa 20 Jahren betrat man den Weg, der allein zum Ziele führen konnte, indem man anfing, mit Hilfe der chemischen Analyse die Vorgänge zu erforschen, die im Puddelofen oder dem Converter stattfinden.*) Auf die Kenntniss der hier eintretenden Reactionen gründen sich die Methoden, die gegenwärtig so grosse Hoffnungen erweckt haben.

*) Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 202, S. 245.

**) „Berg- u. hüttenm. Ztg." 1871, S. 435.

***) Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 230, S. 275.

†) Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 230, S. 275.

Verfolgen wir zunächst die Versuche, dem Roheisen den Phosphor zu entziehen, bevor es dem Frischprocess unterworfen wird, so finden wir zu allen Zeiten Vorschläge, welche dahin zielen, den Phosphor in eine flüchtige Verbindung zu verwandeln. Man hat geglaubt, dies auf einfache Weise durch Erhitzen mit Kochsalz oder Chlorcalcium zu erreichen, indem man annahm, dass hierbei das leichtflüchtige Phosphorchlorid entstehen sollte. Wintzer hat die directe Verwendung von Chlorgas vorgeschlagen (s. unten), Augustin Eisenchlorid, Couaillac 1861 ein Gemisch von Kochsalz, Walzschlacke und kohlensaurem Kalk, Tessié du Mothay 1857 ein Gemisch von Eisenoxyden mit Chloriden, Kerpely 1865 ein Gemisch von Kochsalz, Salmiak und Chloreisen haltenden Laugen (Wedding, „Schmiedeeisen und Stahl", S. 281). Einen ähnlichen Vorschlag brachte Künzel 1874, nachdem er beobachtet hatte, dass Abfälle von Eisen- und Weissblech, welche mit Salzsäure abgebeizt waren, beim Vorpuddeln von phosphorhaltigem Roheisen einen auffallend günstigen Einfluss übten. („Berg- u. hüttenm. Ztg." 1874, S. 7.) Wäre die Möglichkeit einer Entphosphorung mittelst Chlor oder Chlornatrium durch rationelle Vorversuche im Laboratorium geprüft worden, so würde man nicht so lange Zeit an sie geglaubt haben. Erst ganz vor Kurzem sind Versuche von W. Baker bekannt geworden, welche ergeben, dass die Einwirkung von Chlorgas auf geschmolzenes Roheisen in Beziehung auf dessen Phosphorgehalt sehr gering ist („Iron" 1878, No. 270). Dass vom Chlornatrium keine Entphosphorung des Eisens zu erwarten ist, hätte man aus der von Frese schon 1867 angegebenen Methode der Darstellung von Phosphoreisen von bestimmter Zusammensetzung entnehmen können, welche darin besteht, dass phosphorsaures Eisenoxydul oder -oxyd mit Kohle unter einer Decke von Kochsalz zusammengeschmolzen wird. Hier verbindet sich also das Eisen mit dem Phosphor innerhalb des geschmolzenen Chlornatriums, und es liegt keinerlei Grund vor, anzunehmen, dass etwa in höheren Tempe-

*) 1857 wurde die Untersuchung des Verhaltens des Eisens während des Puddelns von Calvert und Johnson veröffentlicht, 1860 die der Schlacke von K. List. Ihnen folgten mehrere Arbeiten, welche ihre Resultate bestätigten und erweiterten. (Vergl. Wedding „Schmiedeeisen und Stahl" S. 232. Der hier S. 237 bei List's Analysen sich findende Druckfehler: Manganoxyd statt Aluminiumoxyd und die daran geknüpfte Bemerkung sind S. 968 berichtigt.)

raturen die Affinität des Chlors zum Phosphor grösser als die zum Natrium oder als die des Phosphors zum Eisen werden sollte. Auch der Nutzen des seit 1835 vielfach bei der Puddelarbeit gebrauchten Schafhäutl'schen Pulvers muss deshalb, insofern es durch seinen Kochsalzgehalt auf das Eisen reinigend von Phosphor wirken soll, allein aus diesem Grunde unwahrscheinlich erscheinen, ganz abgesehen davon, dass es kaum glaublich ist, dass das in die Gluth des Puddelofens gelangte Kochsalz sich mit der Schlacke und dem Eisen mischen soll, da ja bekanntlich beim Brennen der gewöhnlichen Steinkrüge Kochsalz in den Ofen geworfen wird, weil man weiss, dass es sich darin verflüchtigt und so das Geschirre mit einer Atmosphäre umgiebt, aus welcher der Thon an seiner Oberfläche das zur Glasurbildung nöthige Natrium entnimmt.*) Es muss aber hier doch Erwähnung finden, dass C. Wintzer in England 1866 ein Patent für sich genommen hat zur Reinigung des Roheisens vom Phosphor beim Hohofenprocess sowie beim Puddeln oder Umschmelzen für Giessereizwecke durch Zusatz von Chlorcalcium oder durch Einblasen von mit Luft gemengtem Chlor. Dieses Verfahren soll in Sheffield beim Bessemern versucht worden sein. Ausführliche Versuche, welche Wedding auf Königshütte ausführen liess, haben ergeben, dass es auf den Phosphorgehalt keine Wirkung hatte. („Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenw." 1866, S. 272.) Nicht glücklicher ist es Scheerer mit dem Verfahren ergangen, welches auf seinen Vorschlag längere Zeit in Hörde und einigen anderen Orten ausgeführt wurde. Er liess ein geschmolzenes Gemenge von Chlornatrium und Chlorcalcium während oder bald nach dem Einschmelzen in nach dem Phosphorgehalt berechneter Menge in den Puddelofen bringen und durch fleissiges Umrühren innig mit dem Eisen mischen. Der geringe hierdurch erzielte Erfolg stand in keinem Verhältniss zu den Kosten. (Wedding, „Schmiedeeisen u. Stahl", S. 283.)

Als Curiosität möge noch aufgeführt werden, dass Sherman bei John Brown in Sheffield 1871 Jodkalium oder auch die Asche von Seegras in den Puddelofen oder den Bessemerconverter eingetragen hat, ohne seine Absicht, den Phosphor zu entfernen, zu erreichen**), und dass J. F. Bennet nach einem amerikanischen Patent von 1868 in den Converter, nachdem das Einblasen von Luft beendigt ist, ½ Minute lang Kohlensäure blasen will; diese soll den Phosphor zu phosphoriger Säure oxydiren (und also wol verflüchtigen?) und Kohlenstoff ausscheiden, der dann durch 15 Secunden langes Einblasen von Luft wieder entfernt werden soll.***) Die Unmöglichkeit, hierdurch zum Ziele zu gelangen, haben kürzlich directe Beobachtungen der Einwirkung von Kohlensäure auf Roheisen von W. Baker („Iron" 1878, No. 270) nachgewiesen.

Vor zwei Jahren hat sich unser Zweigverein für Eisenhüttenwesen eingehend mit den Vorschlägen von Siegfr. Stein beschäftigt, welcher den Phosphorgehalt der Erze und namentlich des Roheisens während des Puddelns durch Cyanammonium beseitigen wollte, welches letztere durch Ueberleiten von kohlensaurem Ammoniak über glühende Holzkohlen erzeugt werden sollte. In der Wochenschrift unseres Vereines, 1877, No. 32 sind die Laboratoriums-Versuche mitgetheilt worden, auf welche Stein seine Hoffnungen gründete, deren Resultate aber von unseren Vertretern des Eisenhüttenwesens nicht für ausreichend erklärt wurden, wie ja auch die theoretische Seite des vorgeschlagenen Verfahrens nicht hinreichend aufgeklärt war.

Guten Erfolg hat man lange Zeit hindurch von der Anwendung von Fluorcalcium gehofft. Schon 1868 hat Caron*) den Flussspath, Kryolith oder andere Fluorverbindungen zur Entphosphorung empfohlen, gestützt auf Versuche, bei welchen er u. a. fand, dass, als er phosphorsaures Eisen einerseits mit Kalk und Kieselerde, andererseits mit Kalk und Flussspath reducirte, das Eisen im letzteren Falle nur ein Drittel der Phosphormenge enthielt wie im ersteren. Dass hier dem Flussspath nicht eine günstige, sondern der Kieselsäure eine schädliche Wirkung zuzuschreiben war, werden wir später sehen. — Nachdem schon 1869 Bowron und Lunge in England ein Patent auf Anwendung von Flussspath und Kryolith genommen, hat 1871 Henderson**) ein auf die Wirkung des Flussspaths gegründetes Verfahren ausgeführt und in Amerika sich patentiren lassen, welches Tunner der Beachtung empfohlen hat und das gerade gegenwärtig unsere Beachtung verdient. Ein inniges Gemenge von Flussspath mit reinen reichen Eisenerzen (!) wird in gusseisernen Schalen ausgebreitet, in welche das Roheisen aus dem Hohofen abgestochen wird. Hierbei tritt eine heftige Reaction ein, bei welcher sich Silicium und Phosphor dampfförmig unter Ausstossen von Flammenstrahlen und Rauch entfernen sollen. Die Analyse von auf solche Weise in Pittsburg gereinigtem Eisen ergab, dass der Phosphorgehalt von 0,12 auf 0,10 herabgegangen war und das daraus gepuddelte und gewalzte Eisen nur noch 0,008 pCt. enthielt. Ausserdem war das Silicium, von beiläufig 2,31 pCt. Betrag, verschwunden, der Graphitgehalt aber wie beim gewöhnlichen Feinen vermindert. Wir dürfen hier wol schon im Voraus bemerken, dass wir hier das neue Krupp'sche Verfahren, nur mit Zuthat des Flussspaths vor uns haben, und dass es mehr als wahrscheinlich ist, dass bei dem günstigen Resultat des Henderson'schen Verfahrens nur das Eisenoxyd thätig war und der Flussspath zur Entphosphorung nichts beigetragen hat, sondern nur durch Flüssigmachen der Schlacke nutzte. Henderson hat sich später (1874) ein ähnliches Verfahren in England patentiren lassen, bei welchem Kieselfluorcalcium angewendet wird.

*) Die Ansichten von Karsten, Percy, Gruner, Lan und Tunner s. in Wedding, „Schmiedeeisen u. Stahl", S. 280 ff.

**) Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 200, S. 154, 503.

***) Ebendas. Bd. 188, S. 479.

*) Dinglers's „Polytechn. Journ." Bd. 188, S. 742.

**) Ebendas. Bd. 200, S. 210.

Wir haben früher die Beobachtung Stead's erwähnt, dass den phosphorhaltigen Eisenerzen durch Schmelzen mit Flussspath kein Phosphor entzogen wird. Pourcel in Terrenoire hat im vorigen Jahre nachgewiesen*), dass sich Flussspath und Puddelschlacke oder Walzsinter ohne Zersetzung zusammenschmelzen lassen und dass beim Reduciren von phosphorhaltiger Puddelschlacke im Kohlentiegel unter reichlichem Zusatz von Flussspath sich im geschmolzenen Eisenregulus aller Phosphor wiederfindet. Anders scheint es sich nach Pourcel zu verhalten, wenn Fluorcalcium zugleich mit Kochsalz verwendet wird. Seine Untersuchungen beziehen sich auf ein von Tessié du Mothay angegebenes Verfahren, aus dessen Patentbeschreibung hervorgeht, dass das Roheisen zuerst durch einen Feinprocess von einem Theile des Siliciums und Mangans befreit und sodann mit einem Gemenge, welches aus Flussspath, einem Chloride eines Alkali oder einer alkalischen Erde und einem salpetersauren Alkali besteht, behandelt werden soll. Es heisst im Patent: „Die zwei letzteren Classen von Reagentien dienen zum Flüssigmachen der Fluorverbindung, deren Schlacke in Gegenwart oxydirender Körper die Eigenschaft besitzt, Phosphor, Silicium, Schwefel und Arsen mit sich fortzunehmen.“ Ueber die Ausführung giebt Pourcel an, dass die beiden Operationen nach einander vorgenommen wurden und hierbei gewissermassen die Arbeit im Bessemerconverter copirt ist. Das Ende der ersten Periode wurde wie beim Bessemern durch das Verschwinden der gelben Linie im Spectrum angedeutet und alsdann eine nach der Menge der Verunreinigung des Roheisens berechnete Menge von Flussspath, Kochsalz und Borax zugesetzt und später noch Natronsalpeter zugefügt. Bemerkenswerth ist noch besonders, dass die Steine, welche das Futter des Apparates bildeten, aus gebrannter Magnesia bestanden, und dass ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass diese nicht durch die entstandene basische Schlacke angegriffen werden kann. Die erste Periode soll dazu dienen, die Oxyde zu liefern, welche dann die oben angegebene chemische Einwirkung von Flussspath und Chlornatrium ausüben sollen. Wir haben hier also schon die Erfindung von Thomas und Gilchrist in ihren Principien angewendet: basisches Futter und stark basische Schlacke! — Als Resultat giebt Pourcel an, dass das nach Tessié du Mothay auf diese Weise behandelte Eisen beim Verpuddeln mit Spiegeleisen ein Product mit 0,72 pCt. Phosphor lieferte, während das Roheisen 1,42 pCt. enthielt — freilich ein für heutige Ansprüche zu geringes Resultat! Endlich sei daran erinnert, dass vor längerer Zeit viel davon gesprochen wurde, dass in Thale am Harz Flussspath mit gutem Erfolge beim Puddeln verwendet werde. Es wurde angegeben, dass dort aus Ilseder Roheisen durch Zusatz von $1^1/_2$ pCt. Flussspath sehniges Eisen ohne Kaltbruch erhalten würde. Man hat in Thale den günstigen Einfluss des Flussspaths ohne Zweifel richtig erkannt, indem man ihn nicht in einer chemischen Reaction des Fluorcalciums, sondern darin zu finden glaubt, dass der Zusatz von Flussspath es möglich macht, eine zugleich leicht flüssige und doch auch stark gärende, also an Eisenoxyd reiche Schlacke zu erhalten.

*) „Iron“ 1878, No. 277.

Von einem ganz anderen Gesichtspunkte sind die Vorschläge ausgegangen, den Phosphor durch Anwendung stark basischer Verbindungen zu entfernen. Hierbei soll die in der ersten Periode des Frischprocesses gebildete Phosphorsäure durch die zugefügten Basen gebunden werden und ihre starke Affinität zu diesen sie hindern, während des weiteren Verlaufes wieder reducirt zu werden und in das Eisen zurück zu gehen. Was also im Hohofen ein Ueberschuss an Kalk nicht vermag, wird während des Frischprocesses dem Kali, dem Natron, ja selbst dem Kalk zugetraut. Ein Versuch, der über den Werth dieser Theorie Aufschluss giebt, ist, soviel bekannt geworden, erst vor einem Jahr gemacht, nachdem alle auf ihr beruhenden vorgeschlagenen und versuchten Methoden fast der Vergessenheit anheim gefallen sind. Pourcel hat*) in einem Gebläseofen Eisen mit phosphorsaurem Natron längere Zeit in einer den Schmelzpunkt des Stahls übersteigenden Hitze erhalten und constatirt, dass, wenn die Einwirkung lange genug andauerte, der sämmtliche Phosphorgehalt des phosphorsauren Natrons an das Eisen überging. Gerade die entgegengesetzte Reaction soll aber bei den Verfahren von Heaton, Hargreaves, dem Salpeterfrischen nach Bessemer und einigen anderen stattfinden, welche wol kaum in das Stadium des Versuches im Grossen gelangt sind. Zu letzteren rechne ich das Patent von Ch. Girard und J. Poulain 1870, welche eine Legirung von Kalium oder Natrium mit Roheisen anwenden wollen. Bei der doppelten Einwirkung der Dämpfe, z. B. des Natriums und der Luft, sollen sämmtliche im Roheisen enthaltenen Metalloide angegriffen werden und reines Schmiedeeisen oder Stahl entstehen. Springmühl hat die Methode bei Versuchen im Kleinen bewährt gefunden.**) Zenger in Prag***) hat 1873 vorgeschlagen, das weissglühende Eisen mit Hydraten der Alkalien oder alkalischen Erden zu behandeln. Das Hydratwasser soll hierbei durch das Eisen zersetzt werden, der Wasserstoff aus dem Alkali oder der Erde das Metall reduciren und dieses den Phosphor und Schwefel des Roheisens aufnehmen.

Dass W. Dingley 1873†) ein Patent darauf genommen hat, das Roheisen während des Frischens durch Aufstreuen von doppelt schwefelsaurem Natron von Phosphor zu reinigen, sei hier nur als ein Beispiel theoretischer Speculationen erwähnt.

Im Jahre 1868 und den folgenden Jahren erregten allgemeines Interesse die Erfolge, welche Heaton,

*) „Iron“ No. 278, S. 578.

**) „Deutsche Industriezeitg.“ 1870, S. 225. Dingler's „Polytechn. Journ.“ Bd. 201, S. 54.

***) „Ber. der Deutschen Chem. Gesellsch.“ 1873, S. 296.

†) Ebendas. 1873, S. 37.

Hargreaves und Bessemer mit der Anwendung des Natronsalpeters erzielt zu haben schienen. Die ihr zu Grunde liegende Idee hatte das Bestechende, dass der Salpeter zugleich durch seinen reichlichen Sauerstoffgehalt eine rasche und lebhafte Verbrennung des Kohlenstoffs im Roheisen bewirken musste und durch seinen Natrongehalt die durch Oxydation von Phosphor und Schwefel gebildeten Säuren binden konnte. Diese Reaction ist schon in einem früheren an Fr. Knowles 1857 ertheilten Patente hervorgehoben. Zur praktischen Ausführung ist sie zuerst durch Hargreaves in Widnes gelangt. Da es sich ergab, dass die Anwendung reinen Natronsalpeters zu gefährlich und zu sehr dem Misslingen ausgesetzt war, so formte er schliesslich Kugeln aus Eisenoxyd und geschmolzenem Salpeter und brachte von diesen die berechnete Menge an einer Stange in das im Puddelofen eingeschmolzene Roheisen. Die Nachrichten über die Beschaffenheit des so erhaltenen Productes lauten sehr widersprechend. Bald wurde das Hargreaves'sche Verfahren durch das von Heaton in den Hintergrund gedrängt, das zuerst im Grossen in Langley Mills zur Ausführung kam, und von den berühmtesten damaligen englischen Autoritäten geprüft und beschrieben wurde.*) Bekanntlich liess Heaton das Roheisen in einen hohen und engen mit feuerfestem Futter ausgekleideten Schacht einfliessen, auf dessen Boden sich ein cylindrischer Kasten aus Gusseisen befand, welcher mit Natronsalpeter gefüllt war. Beim Beschicken dieses Converters schmolz bald der Deckel des Eisenkastens und der Salpeter stieg nun langsam tropfenweise in der Eisenmasse empor und übte unterwegs seine oxydirende, entkohlende Wirkung aus. Das entkohlte Eisen wurde zu Luppen verarbeitet und dann, mit Spiegeleisen vermischt, im Tiegel zu Gussstahl verschmolzen. Sowol die von Kirkaldy angestellten Festigkeitsproben als die Analysen, welche eine Verminderung des Phosphorgehalts von 1,46 auf 0,29 pCt. ergaben**), machten allgemeines Aufsehen und haben sogar in Henry Bessemer die Furcht erweckt, dass ihm eine gefährliche Concurrenz erwachsen sei.***) Jedenfalls hatte der Heaton'sche Process den Vorzug, während des Frischprocesses keinerlei mechanische Arbeit zu erfordern. Es folgte ein äusserst heftiger Kampf, der nicht nur in den englischen Fachjournalen („Engineering" für Bessemer und „Engineer" für Heaton), sondern auch in der „Times" lange Spalten füllte und mit äusserster Erbitterung gekämpft wurde, aber damals zu keiner vollen Entscheidung kam. Die Zeit hat gelehrt, wer Sieger geblieben ist. —

*) Bd. XIII, S. 431 d. Z.

**) Man hat dies Resultat der Vereinigung der Phosphorsäure mit dem Natron des Salpeters zugeschrieben, von Gruner ist sogar angenommen, dass der Phosphor grösstentheils durch die stürmische Sauerstoffentwickelung in mehr oder weniger oxydirtem Zustande mit den Gasen fortgerissen werde.

***) Bd. XIII, S. 441 d. Z. Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 190, S. 32.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass wol kein Stoff, von welchem man eine Wirkung auf den Phosphorgehalt hoffen durfte, unversucht gelassen ist. Der bleibende Nutzen, welchen alle diese Versuche hatten, besteht aber nur darin, dargethan zu haben, dass kein anderer Stoff so sehr geeignet ist, den Phosphor während der Frischarbeit — im Puddelofen oder dem Converter — aufzunehmen, als das Eisenoxyd, zu welchem wir uns jetzt wenden wollen.

Dass das Eisenoxyd eine besonders grosse Affinität zur Phosphorsäure besitzt, ist längst bekannt; man hat sie — namentlich früher — vielfach bei analytischen Arbeiten benutzt, indem man sie in Lösungen von Phosphorsäureverbindungen, aus denen sie selbst durch die stärksten Basen nicht abgeschieden wird, dadurch ausfällte, dass man ihr Gelegenheit gab, sich mit Eisenoxyd zu verbinden. Auch ist durch specielle Versuche sowie durch Erfahrungen im Grossen längst erwiesen, dass, was hier auf nassem Wege geschieht, auch in glühend flüssigen Massen erreicht werden kann. Experimentelle Beweise unter möglichst einfachen Umständen sind neuerdings von Stead und Lowthian Bell geliefert. Der erstere hat die unmittelbare Einwirkung des Eisenoxyds auf Phosphoreisen constatirt, indem er $2^g$ Phosphoreisen, in welchem 16,6 pCt. Phosphor enthalten waren, mit Eisenoxydoxydul zusammenschmolz und (unter Reduction von Eisen) $2,3^g$ eines Regulus mit nur 6 pCt. Phosphor erhielt.*) L. Bell hat mit einer Probe von Clarence-Eisen, welches 3,637 pCt. Kohlenstoff und 1,351 pCt. Phosphor enthielt, folgende Versuche angestellt: Man nahm kleine Partien dieses Eisens direct aus dem Hohofen und mischte sie mit geschmolzenem Eisenoxyd, so dass angenommen werden konnte, dass die Temperatur der Mischung mit derjenigen beim Eingiessen in den Converter übereinstimmte. Nach Beendigung des Versuches war der Kohlenstoffgehalt nur um 10 bis 12 pCt. vermindert, während der Phosphor auf 0,166 bis 0,085 gefallen, also um 88 bis 93 pCt. vermindert war, und — beiläufig bemerkt — nun nicht mehr als in Cumberland-Hämatiteisen betrug.

Diese günstige Einwirkung des Eisenoxyds ist den Hüttenleuten schon längst als der Grund davon bekannt, dass im Frischherd oder Puddelofen der Phosphor je nach den Umständen mehr oder weniger in die Schlacken geht, so dass ihr Gehalt an Phosphorsäure sich zu beträchtlichen Mengen anhäuft. (Perissé stellt als Maximum 6 pCt. auf**), während Percy eine Analyse von Riley mit 8 pCt. mittheilt***) und Stead†) 10 pCt. in einer Schlacke aus dem Danks-Ofen fand, worin der Phosphorgehalt des Eisens von 1,8 auf 0,17 pCt. herabgegangen war. Man suchte deshalb auch schon lange die Entphosphorung durch Vermehrung des Eisen-

*) Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 230, S. 279.

**) „Iron" 1878, No. 298, S. 392.

***) Wedding III, S. 253.

†) Dingler's „Polytechn. Journ.", Bd. 230, S. 278.

oxydgehaltes der Schlacke zu befördern. Vielerorts ist ja bei Verarbeitung von phosphorhaltigem Roheisen ein Zusatz von Walzsinter u. dgl. in regelmässigem Betriebe, so dass hierüber keine besonderen Belege aufgeführt zu werden brauchen.

Ebenso ist es aber auch der im Wesentlichen aus Eisenoxyd bestehenden Ausfütterung der Oefen von Danks und Crampton zuzuschreiben, wenn von ihnen gerühmt werden kann, dass sie aus phosphorhaltigem Eisen ein besseres Product liefern als die gewöhnlichen Puddelöfen. Dürre hat berichtet (No. 10, S. 100 d. W.), dass bei Hopkins, Gilkes & Co. im Danks-Ofen bei schon jahrelangem regelmässigen Betriebe 90 pCt. des Phosphorgehaltes entfernt werden, was mit Mittheilungen von Snelus übereinstimmt, welcher in zwölf Proben von Eisenschienen, die aus Cleveland-Eisen in alten Puddelöfen dargestellt waren, 0,25 bis 0,42 pCt. Phosphor fand (letztere waren beiläufig 14 Jahre gebraucht), während Proben, die aus demselben Eisen in Danks-Ofen hergestellt waren, nur 0,11 bis 0,23 pCt. Phosphor enthielten, also weniger als das Minimum der ersteren. Nach L. Bell enthält das in Cleveland beim gewöhnlichen Puddeln hergestellte Luppeneisen in der Regel 0,35 bis 0,50 pCt. Phosphor, während viele Proben des Productes vom Danks-Ofen nur 0,017 bis 0,257 Phosphor ergeben. Auch die Erfolge, welche von dem Siemens'schen „directen Erzverfahren" in Beziehung auf den Phosphorgehalt angegeben werden, müssen der Einwirkung des Eisenoxyds zugeschrieben werden. (Vergl. L. Bell, Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 225, S. 264.)

Wenn die Anwendung des Eisenoxyds als Entphosphorungsmittel beim Bessemern bisher versagt hat, so ergiebt sich hieraus, dass seine Wirkung an gewisse Bedingungen geknüpft ist. Mehrfache Beobachtungen haben zu dem Schlusse geführt, dass sie nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen stattfindet, und mit völliger Sicherheit ist eine stark basische Schlacke als erste und unerlässliche Bedingung erkannt.

Vielfach ausgesprochen, wenn auch nicht allgemein angenommen, ist die Ansicht, dass während der ersten Periode des Frischprocesses der Phosphor des Roheisens oxydirt und in die Schlacke übergeführt, später aber bei gesteigerter Hitze wieder reducirt und vom Eisen aufgenommen werde. Wir wollen einige der hierfür gebrachten Belege aufführen, zunächst einen Versuch von Stead a. a. O. als Beweis dafür, dass das Eisen in grosser Hitze die Phosphorsäure reducirt. Nachdem er sich überzeugt hatte, dass dies bei Rothglühhitze nicht geschieht, brachte er reines Eisen mit Phosphorsäure zum Schmelzen und erhielt einen Regulus, welcher 15 pCt. Phosphor enthielt. Beim Schmelzen des reinen Eisens mit Puddelschlacke erhielt er einen Regulus mit 2,12 pCt. Phosphor. Ferner liess Stead eine Roheisencharge von 6t Einsatz 15 Minuten lang im Converter durchblasen, wobei sich viel Eisenoxyd bildete. Das nicht oxydirte Eisen betrug nur wenige Procent der Masse, und aus Analogie mit den Resultaten des Puddelofenbetriebes hätte man schliessen sollen, dass nun aller Phosphor in der oxydirten Masse zu finden sei. Die mit letzterer vorgenommene Analyse ergab dagegen gerade das Gegentheil. Dieselbe Schlacke wurde später bei niedrigerer Temperatur mit geschmolzenem Cleveland-Roheisen zusammengerührt und entzog diesem 50 pCt. seines Phosphorgehaltes.

Von vielen Beobachtungen, welche Bell mitgetheilt hat*), seien nur folgende erwähnt. Eine Probe Cleveland-Eisen, welche bis auf 0,055 pCt. von ihrem Phosphorgehalte befreit worden war, wurde bei der hohen Temperatur, welche beim Schluss des Processes in Puddelöfen vorkommt, der Einwirkung derselben Schlacke ausgesetzt, welche zu ihrer Reinigung gedient hatte. Nach Verlauf von 65 Minuten war der Phosphorgehalt des Eisens bis auf 0,153 pCt. gestiegen und nach weiteren 3 Stunden hatte er die Höhe von 0,365 pCt. erreicht. Die erwähnte Eisenprobe hatte vor der Operation einen vollständig homogenen Bruch. Bei der folgenden Untersuchung war nur die äussere Kruste krystallinisch geworden und zum Schluss hatte die ganze Masse diese Structur angenommen (a. a. O. Bd. 229, S. 185). Von Bell's früheren Versuchen ist folgender besonders lehrreich.**) Eine Partie Clarence-Eisen wurde, nachdem im Converter fast sämmtlicher Kohlenstoff verbrannt worden war, im flüssigen Zustande zum einen Theil in einen auf gewöhnliche Weise besetzten, zum anderen in einen mit Eisenoxyd besetzten Puddelofen gebracht. Das Eisen ballte sich schon nach 5 Minuten und die Analysen ergaben

| | Kohlenstoff | Silicium | Schwefel | Phosphor |
|---|---|---|---|---|
| Im Roheisen . . . . | 3,48 | 2,07 | 0,05 | 1,46 |
| Nach dem Bessemern . | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 1,69 |
| Gepuddelt wie gewöhnlich | — | Spur | — | 0,74 |
| „ mit Eisenoxyd | — | Spur | — | 0,54 |

Hieraus und aus vielen anderen Analysen zieht Bell den Schluss, „dass Kohlenstoff und Silicium bis auf Spuren durch alle bis jetzt angewendeten Reinigungsprocesse des Roheisens entfernt werden können. Der Phosphor verlässt das Eisen nur bei verhältnissmässig geringen Temperaturgraden." (A. a. O. S. 355.) Und ferner (S. 357): „Aus den Analysen geht hervor, dass der Phosphorgehalt des Eisens im Puddelofen zuweilen gegen das Ende des Processes eine Zunahme erfährt. Dies führt zu der Annahme, dass in diesem Falle die Temperatur im Puddelofen oder wenigstens in einem Theile desselben eine Höhe erreicht hat, bei welcher kein Phosphor mehr oxydirt wird und dass bei dieser hohen Temperatur sogar Phosphor aus der Schlacke in das Eisen übergeht."

Die Discussion über dieses Thema kann indessen keineswegs als schon abgeschlossen gelten. Dies ergiebt sich deutlich aus den Verhandlungen, welche darüber in der Versammlung des Iron and Steel Institute zu Paris am 18. September v. J. stattfanden, wo Grüner Gelegenheit fand, sich gegen obige Ansicht Bell's aus-

*) Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 225, S. 264 u. Bd. 229, S. 184. 290.

**) a. a. O. Bd. 225, S. 355.

zusprechen. Er sagte:*) L. Bell sei der Meinung, dass der Phosphor bei so hohen Temperaturen wie im Bessemerconverter und im Siemens-Martin-Ofen nicht aus dem Eisen entfernt werden könne. Diese Ansicht könne er (Grüner) nicht theilen; die Erfahrung beweise, dass nicht die Temperatur, sondern die Natur der Ausfütterung des Ofens der Hauptfactor sei. L. Bell kommt in einer längeren Entgegung zu derselben Ansicht, indem er hervorhebt, dass er früher behauptet habe, bei niederer Temperatur werde der Phosphor rasch, der Kohlenstoff langsam oxydirt, während bei hoher Temperatur beide gleich rasch entfernt werden.

(Nach dem Berichte des „Iron" (a. a. O.) hat L. Bell erwidert, er habe „keinen Augenblick behauptet, dass hohe Temperatur nicht ebenso gut als niedrige den Phosphor zu entfernen vermöge; doch verschwinde bei niedriger Temperatur der Phosphor rasch, während der Kohlenstoff viel langsamer verschwinde." „Iron" schliesst damit, dass Grüner gesagt habe: „er sei noch der Meinung, dass die Temperatur das wesentlichste Moment sei."**) Doch kann hier wol nur ein Missverständniss des Referenten vorliegen. Denn in seinem Berichte über das Verfahren nach dem Patent von Thomas und Gilchrist („Compte rendu des séances de la Société d'encouragement" vom 29. November 1878) sagt Grüner wörtlich***): „Aus der Thatsache, dass der Phosphor dem Eisen weder in der Bessemerbirne noch im Siemens-Ofen entzogen werden konnte, hat man geglaubt schliessen zu können, dass ein Uebermass der Temperatur die Ursache sei. Lowthian Bell besonders . . . versichert, dass die Abscheidung des Phosphors in umgekehrtem Verhältniss zur Temperatur geschieht. . . Dies ist aber ein offenbarer Irrthum. Früheres scheint in der That zu zeigen, dass der wesentliche Factor, den man zuerst beachten muss†), nicht die Temperatur, sondern die mehr oder weniger kieselsäurereiche oder basische Natur der Schlacke ist, und dieser Schluss wird aus den in dem Folgenden aufgeführten Thatsachen klar hervorgehen."

Die Widersprüche und Schwankungen in den Ansichten, welche nicht blos in der erwähnten Discussion über diese Frage hervorgetreten sind, werden nicht eher aufhören, als bis man consequent und scharf getrennt die beiden Factoren beachtet, welche beim Frischprocess

*) Wir bringen hier eine wörtliche Uebersetzung der betreffenden Stelle des Berichtes des „Journal of the Iron and Steel Institute" 1878, No. 2, S. 473 und bemerken, dass die Mittheilungen des „Iron" No. 298, S. 393 nicht unerheblich davon abweichen.

**) „He was still of opinion, that temperature was the essential element."

***) Diese Stelle ist in deutschen wie in englischen Journalen ungenau wiedergegeben; in der „Berg- u. hüttenm. Zeitg." und der „D. Industriezeitung": „Glücklicher Weise ist erwiesen, dass die Temperatur keinen Einfluss auf die Entphosphorung ausübt, dass letztere vielmehr von der mehr oder weniger basischen Natur der Schlacke abhängig ist, und in „Iron" No. 313, S. 34: „it is evident that the process of desphosphorisation does not turn upon temperature, but . . ."

†) „le facteur essential, dont il faut se préoccuper".

zur Geltung kommen: die Temperatur und die chemische Beschaffenheit der Schlacke einschl. des Futters.*) Vielleicht wird sich alsdann der Satz ergeben, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die Entphosphorung durch niedrigere Temperatur begünstigt*) wird.

Von dieser Ansicht ausgehend, hat man schon vor langer Zeit Versuche gemacht, das Verfahren der Frischarbeit abzuändern. Dass eine Vorbereitung durch blosses Feinen, falls man unter Feinprocess die Entfernung von Silicium und Mangan ohne Verminderung des Kohlenstoffgehaltes versteht, zum Ziele führen könne, ist schon von Karsten geleugnet worden, dann aber wieder geglaubt, bis Versuche von Wedding 1866 die Unmöglichkeit bewiesen haben.**) Man versuchte nun, den Frischprocess unter den gewöhnlichen Verhältnissen bis zu dem Stadium fortzuführen, wo der Phosphor zum grössten Theile nebst einem Theile des Kohlenstoffs aus dem Eisen entfernt war, dann aber letzteres der weiteren Einwirkung der entstandenen, die Phosphorsäure enthaltenden Schlacke zu entziehen***). Am einfachsten würde dieses Princip nach dem ersten Patente von Gjers†) ausgeführt werden, nach welchem das Puddeleisen oder der Puddelstahl in dem Stadium, welches dem Luppenmachen unmittelbar vorangeht, aus dem Ofen genommen und in einem Bérard'schen Ofen††) in einer reducirenden oder oxydirenden Flamme fertig gemacht werden sollte. Ob dies praktisch ausführbar, ist nicht nachgewiesen. Am weitesten ging die Parry'sche Methode, welche darin bestand, das Roheisen zuerst im Puddelofen durch Ueberführung in sehniges Eisen zu entphosphoren, hierauf das Product durch Umschmelzen im Cupolofen wieder zu kohlen und dann im Bessemerconverter in Stahl überzuführen. Wedding's Versuche, dieses Verfahren in Oberschlesien einzuführen, schlugen, wie vorauszusehen war, fehl, weil, abgesehen von dem Kostenpunkte, mit dem Phosphor ja auch das für das Bessemern nothwendige Silicium aus dem Eisen entfernt war; sie ergaben aber neben anderen auch das bemerkenswerthe Resultat, dass beim Puddeln auf Feinkorn der Phosphorgehalt von 1,2 nur auf 0,228 pCt.

*) Aus diesem Grunde können wir nicht Kerpely beistimmen, wenn derselbe aus der Thatsache, dass eine Roheisencharge mit 0,229 pCt. Phosphor Feinkorneisen mit 0,0265 und Sehneneisen mit 0,0465 pCt. Phosphor lieferte, den Schluss zieht, dass „verhältnissmässig niedrige Temperatur der Entfernung des Phosphors beim Frischen günstig" sei, da wol nicht anzunehmen ist, dass in beiden Fällen die Schlacke von derselben Beschaffenheit war.

**) Wedding, Schmiedb. Eisen, S. 42.

***) Bell fand beim Verpuddeln von Clarence-Eisen M 4

| | Kohlenstoff | Silicium | Schwefel | Phosphor |
|---|---|---|---|---|
| Im Roheisen . . . . . . . . | 3,156 | 1,120 | 0,093 | 1,209 |
| Beim Einschmelzen . . . . . | 3,013 | 0,019 | 0,032 | 0,409 |
| 26 Minuten später (Garen) . . . | 1,973 | 0,024 | 0,013 | 0,085 |
| 31 " " " . . . . | 0,970 | 0,000 | 0,013 | 0,078 |
| 39 " " (Luppenmachen) | 0,294 | 0,026 | 0,013 | 0,094 |
| 45 " " (Fertige Stäbe) | 0,102 | 0,065 | 0,019 | 0,151 |

Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 229, S. 293.

†) Bd. XIII, S. 441 d. Z.

††) Dingler's „Polytechn. Journ." Bd. 177, S. 236.

herabgebracht werden konnte, während bei weiter fortgesetzter Entkohlung ein Eisen mit nur 0,07 pCt. erhalten werden konnte.

Zu einem wirklichen Erfolge ist unser Princip jetzt durch das im vorigen Jahre patentirte Krupp'sche Verfahren gelangt; dasselbe lautet in der Fassung vom 7. Juni 1878, die es erhalten hat, nachdem von mehreren Seiten Einsprache dagegen erhoben war, wie folgt: „ein Verfahren zum Entphosphorn des Roheisens, bei welchem das Roheisen in flüssigem Zustande zugeführt, das gleichzeitig mit einer Feinung (Desilicirung, ohne eine solche Verringerung des Kohlenstoffgehaltes, durch welche eine chemische oder physikalische Eigenthümlichkeit gefeinten Eisens verloren geht) entphosphorte Product im flüssigen Zustande abgeführt und welches in einem rotirenden Ofen unter Zuhilfenahme von Eisen- und Manganoxyden theils als Herdbildner, theils als Zuschläge ausgeführt wird."

Dass gegen dieses Patent von mehreren Seiten Einsprüche erhoben wurden, ist wegen seiner grossen Aehnlichkeit mit älteren Methoden sehr erklärlich. Wir deuteten dieselbe oben bei Erwähnung des Henderson'schen Verfahrens an (S. 272) und erinnern an den Ellershausen'schen Mischprocess, bei welchem das Roheisen zum Zwecke der Reinigung während des Abstechens mit gepulvertem Eisenoxyd gemischt wurde. Besonders auffallend aber ist die Uebereinstimmung mit dem Patent von Lowthian Bell (Engl. Pat. 1413 vom 11. April 1877) auf Verbesserung in der Eisen- und Stahlindustrie: Das vom Hohofen kommende Eisen wird mit Eisenoxyd behandelt — natürlichem Erz oder in Schlacken oder Nebenproducten vom Puddelprocess, die keinen oder nur wenig Schwefel und Phosphor enthalten. Das Eisenoxyd wird in einem Cupolofen geschmolzen, wobei die Temperatur nicht so hoch steigen darf, dass es zu Metall reducirt wird. Sollte es so rein sein, dass es leicht reducirbar ist, so sind Kieselsäure oder Silicate hinzuzusetzen, um die richtige Temperatur inne zu halten. Diese sollte die Schmelzhitze des Flusseisens nicht übersteigen. Dieses wird dann mit dem geschmolzenen Eisenoxyd in einem Danks'schen oder Crampton'schen rotirenden Ofen zusammengebracht. Die Hitze darf nicht so hoch steigen, dass der Kohlenstoff aus dem Eisen schnell abgeschieden wird. Es ist wesentlich für den Erfolg, dass der Phosphor möglichst vollständig oxydirt werde, ehe der Kohlenstoff angegriffen wird. Mit dem Phosphor wird auch der grösste Theil Silicium und Schwefel abgeschieden. Die Menge Eisenoxyd soll so gross sein, dass, wenn es allen Phosphor aufgenommen hat, dasselbe nicht über 7 pCt. davon enthält. Nach 5 bis 10 Minuten ist die Abscheidung des Phosphors vollendet und das Eisen wird abgelassen und zwar direct in den Ofen, in welchem es in Schmiedeeisen oder Stahl umgewandelt wird. Bleibt das Oxyd so lange mit dem Eisen in Berührung, dass dieses durch Abnahme des Kohlenstoffgehaltes in Stahl oder Schmiedeeisen verwandelt wird, so muss dieselbe jedenfalls entfernt werden, bevor die Hitze bis zum Schmelzen des Stahls oder bis zur Schmiedbarkeit des Eisens gesteigert wird, weil sonst eine beträchtliche Menge Phosphor in das Eisen zurückgeht.

Die Ausführung des Krupp'schen Verfahrens ist einer Commission des Patentamtes in folgender Weise vorgeführt worden*): „Zwei nach Krigar'schem System eingerichtete hochliegende Cupolöfen dienen zum Einschmelzen des Roheisens bei Coks und geringem Kalkzuschlag. Nach je $1^1/_2$ Stunden ist das für je eine Hitze bestimmte Quantum Roheisen von 5000$^k$ durchgeschmolzen und zum Abstich bereit. Es wird durch eine Rinne in den rotirenden Tellerofen geleitet. Derselbe hat 3,75$^m$ äusseren und 3$^m$ inneren Durchmesser, besitzt eine Neigung von 1 : 10 und wird durch eine Dampfmaschine in Umdrehung versetzt. Die Sohle des Ofens besteht aus einer etwa 30$^{cm}$ hohen Lage von Rotheisenerzen, welche bei stärkster Stahlschmelzhitze zusammengesintert sind. Der ebenfalls durch eine Erzschicht gesicherte Ofenrand ist aussen 90$^{cm}$ hoch.

Nach Vollendung einer Hitze wird der Herd ausgebessert und mit einer Schicht von 600 bis 700$^k$ lockerer Erze mit oder ohne Hammerschlag besetzt. Diese werden ebenfalls so stark erhitzt, dass eine beginnende Schmelzung eintritt. Der Ofen erhält zwei Umdrehungen während des Roheisenzuflusses, danach 5 bis 6 pro Minute. Nach etwa 5 Minuten zeigt sich eine wesentliche Veränderung des bis dahin ziemlich ruhigen Eisens; es beginnt Blasen zu werfen und aufzuspritzen. Sobald sich diese Erscheinung über das ganze Eisenbad verbreitet hat, wird das Product in eine Pfanne abgestochen, vermittelst derer es zum Siemens-Ofen geht. Dort wird es durch Zuschlag von Eisenerzen entkohlt, schliesslich mit Ferromangan versetzt und gegossen.

Der Drehherd ist mit einem Kuppelgewölbe überdeckt, an welches er nicht vollkommen anschliesst, so dass die unter einer geringen Pressung stehenden verbrannten Generatorgase hier theilweise entweichen. Unterhalb des Ofens finden sich in zwei Paaren angeordnet die Regeneratoren."

Die zugleich mitgetheilten Analysen weisen eine Veränderung des Phosphorgehaltes von 1,22 auf 0,11 pCt. nach.

Das Krupp'sche Verfahren ist schnell durch die Erfindung von Thomas und Gilchrist in den Hintergrund gedrängt worden. Hier finden wir die praktische Durchführung des Principes, dass die Hauptbedingung für die Entphosphorung während des Frischprocesses eine stark basische Schlacke ist. Man hat in letzter Zeit mehrfach versucht, experimentell die Frage zu beantworten, ob freie Kieselsäure oder kieselsäurereiche Schlacken in der Hitze die Phosphorsäure austreiben; wir wollen aber zuvörderst daran erinnern, dass schon vor 50 Jahren Wöhler**) gefunden hat, dass

*) Diese Mittheilung verdanke ich Hrn. Generaldirector Brauns zu Dortmund.

**) Poggendorff's „Annalen" Bd. 17, S. 179.

man beim Destilliren eines Gemenges von Quarzsand, Kalkphosphat und Kohle (Beinschwarz) in Weissglühhitze freien Phosphor erhält, entstanden durch die Reduction der durch die Kieselsäure ausgetriebenen Phosphorsäure. Bell beschrieb vor einem Jahre*) Versuche, aus denen hervorgeht, dass in hohen Hitzegraden die Phosphorsäure aus ihren Verbindungen mit Eisenoxyd ausgetrieben und verflüchtigt wird, und Stead hat untersucht, welche Einwirkung phosphorhaltiges Roheisen durch Eisenschlacken erleidet, welche durch den Gehalt an Kieselsäure verschieden sind.**) Er schmolz phosphorhaltiges Roheisen mit Eisenschlacke zusammen, welche nur unerhebliche Spuren von Phosphor enthielt und mit verschiedenen Mengen von Kieselsäure vermischt war, so dass diese bei den verschiedenen Versuchen von 10 bis 62 pCt. stieg. In denjenigen Fällen, wo nach Stead's Ausdrucksweise die Menge des in dem Oxyde enthaltenen Eisens nicht mehr als die der Kieselsäure betrug, wurde dem Eisen kein Phosphor entzogen.***) Wurde phosphorhaltige Puddelschlacke mit Kieselsäure vermischt, um die Phosphorsäure frei zu machen, und mit phosphorhaltigem Roheisen zusammengeschmolzen, so vermehrte sich der Phosphorgehalt des letzteren von 1,0 auf 1,33 pCt. Bemerkenswerth ist das Verhalten des Siliciums und des Mangans unter diesen Umständen. In Phosphor und Silicium enthaltendem Eisen nahm in der kieselsäurereichen Puddelschlacke das Silicium ab (von 1,25 bis auf 0,75), der Phosphorgehalt nahm zu von 1,00 auf 1,33†); in Spiegeleisen, welches reich an Mangan war, sank die Menge desselben von 21,5 auf 18,05 (um 1/7), während der Phosphor von 0,06 auf 0,72 also auf die 12fache Menge gestiegen war. Der Kohlenstoff- und Siliciumgehalt waren ungeändert geblieben, das Mangan hatte also den Phosphor aus der kieselsäurereichen Schlacke reducirt — ein für die Theorie des Bessemerprocesses gewiss beachtenswerthes Resultat!††) —

Die Erkenntniss, dass die Entphosphorung durch die Vermehrung der basischen Natur der Schlacke befördert wird, hat schon vielfach die Anwendung eines Zusatzes von Kalk, um durch diesen die überschüssige Kieselsäure zu binden, veranlasst. Schon Karsten†††) sagt über die Mittel, den Phosphorgehalt des Roheisens im Frischherd in die Schlacken zu bringen: „Vorzügliche Dienste leistet dabei ein Zusatz von 2 bis 3 pCt. von dem reinsten Kalkstein, welcher in pulverförmiger Gestalt sogleich nach dem ersten Rohaufbrechen auf das Eisen gestreut wird" und „kaltbrüchiges Eisen sucht man durch einen Zusatz von 2 bis 10 pCt. fein gepochtem Kalk zu verbessern . . . eigene Erfahrungen haben gezeigt, dass das Eisen durch einen geringen Kalkzusatz von 2 bis 3 pCt. niemals schlechter, häufig aber besser ausfällt, nur muss der Kalk nicht kurz vor dem Herausnehmen des garen Eisens, sondern gleich nach dem erfolgten Einschmelzen und bei der beginnenden Frischoperation*) zugesetzt werden. Ein Kalkzusatz ist vorzüglich bei rohschmelzendem (!) Roheisen sehr zu empfehlen, weil der Kalk zugleich das Garwerden des Eisens befördert, aus welchen Gründen er auch bei garschmelzendem Roheisen nicht anzurathen ist." Letztere Bemerkung erklärt auch, warum bei unrationeller Anwendung von Kalk, z. B. als Besetzung der Wände des Puddelofens, sich ein ungünstiges Resultat ergeben hat, indem, wie Percy von mehrfachen Versuchen berichtet**), dadurch faulbrüchiges Eisen erhalten wurde. Die Schlacke wird durch ein Uebermass von basischen Bestandtheilen zu schwer schmelzbar geworden sein und konnte deshalb nicht vollständig aus dem Eisen herausgeschafft werden. —

Die Anwendung von Magnesiaverbindungen, namentlich Dolomit, hat sich J. B. Kunkel in Maryland 1876 patentiren lassen und darüber an „Iron" berichtet, was deren No. 290 vom 3. August 1878 unter der Ueberschrift „Entphosphorung des Eisens" mittheilt. Nachdem er empfohlen hat, der Hohofenbeschickung Dolomit zuzusetzen und beim Umschmelzen in dem Cupolofen zuerst eine 6 bis 30$^{cm}$ hohe Schicht von grobzerstossenem Dolomit zu geben, so dass das geschmolzene Eisen den Dolomit passiren muss, wobei es von seinem Phosphorgehalt bis auf unwägbare Mengen befreit werde, fährt Kunkel fort: „Bei der Anwendung im Puddelofen füge ich den Dolomit direct der Roheisencharge hinzu in Mengen, die je nach dem Phosphorgehalt des Eisens zwischen 10 und 50 pCt. von dessen Gewicht liegen, so dass während des Aufkochens das Eisen vollständig mit dem Dolomit in Berührung kommt. Auch futtere oder bekleide ich den Boden und die Seiten des Ofens mit einem Gemenge von Eisenstein und Dolomit aus im Verhältniss von 4 Th. Erz zu 1 Th. Dolomit, da diese Masse rasch durch die Schlacke gebunden wird und ein dauerhaftes vorzügliches Futter bildet, welches ausserdem durch seine chemische Einwirkung reinigend auf die geschmolzene Charge wirkt." Vermuthlich ist die Unwahrscheinlichkeit der angegebenen Wirkung im Hohofen und Cupolofen der Grund, weshalb auch der Vorschlag Kunkel's, den Dolomit im Puddelofen (oder Converter) zur Entphosphorung anzuwenden, in der Praxis wenig beachtet ist. Francis C. Knowles macht Anspruch darauf, der erste gewesen zu sein, der die Schattenseite des Bessemerns, den Phosphor nicht

*) „Iron" 1878, S. 393.

**) ebendas. No. 263, S. 102.

***) Hieraus könnte abgeleitet werden, dass Schlacke von der Formel $FeSiO_3$ = FeO, $SiO_2$ oder 3FeO, $2SiO_3$, d. h. welche ein Bisilicat ist und also 45,45 pCt. $SiO_2$ neben 54,55 FeO enthält, nicht mehr im Stande ist, dem Eisen Phosphor zu entziehen; doch möchte ich auch hier dem Gehalte an Eisenoxyd oder an Eisenoxydoxydul einen Hauptantheil an der Wirkung zuschreiben.

†) Diese Zahlen stehen nicht in dem Verhältnisse, dass etwa die relative Ab- oder Zunahme durch die absolute Zu- oder Abnahme des anderen Stoffes veranlasst wäre.

††) Ich bemerke ausdrücklich, dass das vorliegende Referat auf die Vorgänge während der verschiedenen Perioden beim Frischprocess im Puddelofen oder Converter nicht eingehen, sondern sich auf die Resultate in Beziehung auf die Entphosphorung beschränken soll.

†††) „Eisenhüttenkunde" Bd. 4, S. 320 u. 51.

*) Also nachdem das Silicium in die Schlacke gegangen ist.

**) Wedding Bd. 3, S. 267, 268.

entfernen zu können durch Anwendung einer kieselsäurefreien Ausfütterung, beseitigt habe. Er weist auf eine 1873 veröffentlichte Abhandlung und seinen darauf mit Grüner stattgefundenen Briefwechsel hin, theilt mit, dass er vor mehreren Jahren nach dieser Methode aus Roheisen mit 1,3 pCt. Phosphor im Puddelofen Eisen mit nur 0,04 pCt. erhielt, und behauptet, solches in jeder Menge produciren zu können. Wenn wir auch noch an die oben S. 273 erwähnte Anwendung von Dolomit bei dem Verfahren von Tessié du Mothay erinnern und auf die Mittheilung von Snelus verweisen*), dass er schon 1872 im Converter gelungene Versuche mit einem Futter aus Steinen, die im Wesentlichen aus Kalk bestanden, gemacht und sich „die Anwendung von Kalk und Kalkstein, magnesiareich oder nicht, zur Herstellung der Ausfütterung von allen Oefen, in welchen Metalle oder Oxyde im flüssigen Zustande bearbeitet werden“, hat patentiren lassen, seine Erfindung aber aus geschäftlichen Rücksichten nicht weiter verfolgt hat**), so wollen wir nicht weiter erörtern, in welchem inneren Zusammenhange diese früheren Vorschläge und Mittheilungen mit der Erfindung von Thomas und Gilchrist stehen, sondern uns nur an den Ausspruch erinnern, dass grosse Ereignisse ihren Schatten vor sich her zu werfen pflegen, ein grosses Ereigniss aber ist das Thomas'sche Patent schon allein durch die grosse Aufregung geworden, die es hervorgebracht hat, wie auch sein schliesslicher Erfolg sich gestalten möge.

Sidney G. Thomas und Percy G. Gilchrist haben in richtiger Würdigung des Umstandes, dass der Kieselsäuregehalt der Bessemerschlacke theils von dem Silicium des Roheisens stammt, theils von dem wesentlich aus Quarz bestehenden Futter des Converters geliefert wird, zuvörderst in einem kleinen Versuchsconverter für 3 bis 4 Ctr. Eisen die Wirkung von mehr oder weniger basischem Futter und Zuschlag studirt.***) Bei einem Futter aus 1 Th. feuerfesten Thon und 2 Th. Ganister erhielten sie aus Roheisen mit 1,44 pCt. Phosphor in dem erblasenen Eisen 1,23 pCt. Phosphor bei einer Schlacke mit 32,5 pCt. Kieselsäure und 0,85 pCt. Phosphor. Das Resultat von mehr als 50 Versuchen war, dass mit kieselsäurereichem Futter nicht verhindert werden konnte, dass der Phosphor im Eisen blieb, selbst wenn nach Bell's Vorschlag überblasen wurde, so dass ein Theil des Eisens zu Oxyd verbrannte. Als das Futter aus Kalkstein mit Zusatz von Natronsilicat (Wasserglas) hergestellt und, um das Futter zu schonen, grosse Mengen basischer Zuschläge, ein geschmolzenes Gemisch von 2 Th. Kalk und 1 Th. abgerösteten Kies (Blue billy) zugesetzt wurden, enthielten sie bei sechs Versuchen aus Roheisen mit 1,19 bis 1,39 pCt. Phosphor

*) „Iron“ 1879, S. 616.

**) Nach neueren Nachrichten hat sich Snelus jetzt mit Thomas und Gilchrist vereinigt. Auch im Bessemerconverter haben Snelus und Mushet einen Zusatz von Kalk zur Entphosphorung mit Erfolg angewendet. Vgl. Wedding in „Berg- u. hüttenm. Zeitg.“ 1878, S. 207.

***) „Iron“ 1879, S. 614.

und bei schliesslichem Zusatz von 5k Spiegel, Stahl mit 0,04 bis 0,6 pCt. Phosphor und Schlacke mit 2,8 bis 7,8 pCt., wobei ein grosser Theil des Phosphors schon ausschied, bevor der Kohlenstoff entfernt war, so dass sie zu der Ansicht gelangten, dass bei einem Uebermass von erdigen Basen die Entkohlung und Entphosphorung gleichen Schritt halte. Bei Versuchen im Grossen in einem der gewöhnlichen Converter (4 bis 5t) von Dowlais, wo das Futter einen erheblichen Gehalt an Kieselsäure hatte (20 pCt.), ergab sich, dass, um den Phosphorgehalt aus Roheisen mit 1,2 pCt. Phosphor und 2,6 bis 2,9 pCt. Si auf 0,64 pCt. in dem erblasenen Eisen vor dem Spiegelzusatz herabzudrücken, eine grosse Menge basischer Zuschläge zugesetzt werden musste, nämlich 3½ Ctr. eines Gemenges von 2 Th. Kalk und 1 Th. Walzsinter vor dem Eingiessen des Roheisens und ebenso viel, nachdem 8 bis 9 Minuten geblasen war. Eine grosse Anzahl von Chargen, welche in Middlesbro' nach ihren Angaben ausgeführt wurden, lieferte dann den Beweis, dass das Problem, Stahl aus phosphorreichen Roheisen zu fabriciren, gelöst sei.

Das unter dem Namen S. G. Thomas in Battersea (Surrey) unter vorläufigem Schutz am 4. April 1879 No. 5869 ertheilte deutsche Patent lautet:

Die Neuerungen bestehen in der Herstellung von feuerfesten, basischen Ziegeln aus magnesiahaltigem Kalkstein, der entweder von Natur oder künstlich zu gesetzt, in gewissem Verhältniss Kieselsäure und Thonerde enthält; am besten ist Kalkstein, der von Natur 3 bis 4½ pCt. Thonerde und 5 bis 9 pCt. Kieselerde mit oder ohne etwas Eisenoxyd enthält, welch letzterer 2 pCt. nicht übersteigen darf. Hat man keinen natürlichen derartigen Kalkstein, so nimmt man eine Mischung von einem magnesiahaltigen Kalkstein mit entsprechendem Zusatz von Thon oder Thonschiefer oder sehr thonhaltiger Hohofenschlacke oder sehr thonerdehaltigem Kalkstein. Ein gutes Verhältniss ist 8 bis 9 pCt. Kieselerde, 4 pCt. Thonerde, 1½ pCt. Eisenoxyd und also 70 bis 80 pCt. Kalk und Magnesia, je mehr Magnesia desto besser.

Der natürliche Kalk oder die Mischung wird mit wenig Wasser sehr fein gemahlen, und die sich daraus ergebende plastische Masse unter hohem Druck zu Ziegeln geformt.

Die Ziegel werden nun bei gelinder Hitze, die nie über Schwarzhitze steigen darf, getrocknet und dann bei einer intensiven Weissglühhitze gebrannt. Die Hitze muss diejenige, wie sie bei der Herstellung von feuerfesten Thonziegeln zur Anwendung kommt, beträchtlich übersteigen. Im Ofen dürfen die basischen Ziegel nicht mit kieselerdehaltigen Ziegeln in Berührung kommen, sondern immer eine Isolirschicht von Kalkstein und Graphit oder anderem neutralen feuerfesten Material zwischen gebracht werden. Am besten ist der Ofen aus basischen Ziegeln construirt.

Will man Probeziegel machen, so brennt man dieselben bei hoher Temperatur mindestens 18 Stunden.

Ist die Mischung die richtige, so bildet der Stein einen harten compacten Ziegel. Ist das Material geschmolzen, so ist zu viel Thonerde oder Eisenoxyd gegenwärtig; zerfällt der Stein an der Luft, so ist zu wenig bindendes Material vorhanden. Die Ziegel müssen trocken aufbewahrt werden und eignen sich vortrefflich zu Bessemerconvertern und zu Herden von offenen Herd-Stahlöfen, wo Phosphor mittelst einer basischen Schlacke entfernt werden soll.

Patentanspruch:

„Die Erzeugung von feuerfesten basischen Ziegeln auf die hier beschriebene Art und Weise."

Am 9. April hat S. G. Thomas beim kaiserl. Patentamt ein Patent angemeldet (P.-A. No. 11468), welches beansprucht: „Die vollständige Entfernung des Phosphors beim Bessemerprocess unter Anwendung eines basisch ausgefütterten Converters durch Zuführung grosser Mengen stark basischer Zuschläge und durch methodisches Ueberblasen der Charge."

Ueber die Ausführung ist bisher nicht viel Eingehenderes bekannt geworden. Aus dem Berichte eines Augenzeugen*) geht hervor, dass zuerst eine grössere Menge magnesiahaltiger Kalksteine in den Converter gebracht und darauf das Roheisen eingegossen wird. Nach einiger Zeit wird der Wind abgestellt, ein Gemisch von Kalk, Magnesia und Eisenoxyd hineingeworfen, welches das „innere Futter" bilden soll. Die Menge der basischen Zusätze hängt von dem Phosphor- und Siliciumgehalte des Roheisens ab, sowie von der Abnutzung der basischen Steine, welche das „äussere Futter" bilden; was diese verlieren, kommt dem „losen Futter" zu gute. Die Dimensionen der Steine sind 24 : 16 : 8$^{cm}$.

Ueber ihre Zusammensetzung theilt Grüner mit, dass sie aus einem etwas thonigen magnesiahaltigen Kalkstein verfertigt wurden. Dieser wird zerstampft, unter starkem Druck zu Ziegeln geformt und dann bei einer sehr hohen Temperatur lange Zeit gebrannt. Das Product ist hart und zerfällt trotz der geringen Menge Kieselsäure nicht an der Luft (wie todtgebrannter Kalk!). Die Analyse ergab:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure | 12,3 |
| Thonerde | 11,2 |
| Eisenoxyd | 1,5 |
| Kalkerde | 49,3 |
| Magnesia | 26,2 |
| | 99,5. |

Die Menge des zur Schonung des Futters nöthigen Zusatzes von Kalk und Eisenoxyd (des „inneren Futters") ergab sich aus drei Versuchen, deren Resultate wir zusammenstellen:

| | Schlacke I | Schlacke II | Schlacke III |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 25,1 | 18,8 | 15,9 |
| Phosphorsäure . . . | 11,5 | 14,4 | 11,7 |
| Kalkerde und Magnesia | 40,0 | | |
| Phosphorgehalt des Stahls | 0,85 | 0,5 | 0,08. |

Mithin dürfen sowol die Steine wie die Schlacke nicht über 15 pCt. Kieselsäure enthalten.

Aus von Thomas mitgetheilten Analysen*) ergiebt sich, dass die Schlacke nicht mehr als 14 pCt. Eisen zu enthalten braucht, um das Entphosphorn zu bewirken. Ob Kalk und Magnesia hierbei nur dazu dienen, die Kieselsäure zu binden und das Eisenoxyd disponibel für die Aufnahme der Phosphorsäure zu machen, oder ob sie als im Allgemeinen stärkere Basen die Phosphorsäure aufnehmen, scheint durch directe Untersuchung noch nicht ermittelt zu sein. Gilchrist hat sich für letztere Ansicht ausgesprochen, weil die Schlacke oft nur 5 bis 6 pCt. Eisen enthält.**) Derselbe sagt über die Zusammensetzung der Steine, dass die beste Mischung etwa 10 pCt. Kieselsäure, 4 bis 6 pCt. Thonerde und Eisenoxyd und ungefähr 30 pCt. Magnesia enthält. Bei dieser Zusammensetzung werden sie selbst von starken basischen Zusätzen nur wenig angegriffen und halten sich wenigstens 3 Monate.

Die Menge der als Zusatz erforderlichen basischen Bestandtheile beträgt für Cleveland-Eisen 2 Ctr. für 1 Tonne und ist abhängig theils von dem Silicium- und Phosphorgehalte des Roheisens, theils von der Abnutzung der Steine. —

So ist unser Rückblick bei der Gegenwart angelangt. Wir dürfen sicher erwarten, dass von kundiger Seite bald unserem Vereine berichtet wird, wie das Verfahren von Thomas und Gilchrist in der Praxis sich bewährt***), und belehrt durch die Erfahrungen an den vorangegangenen Versuchen werden wir erkennen können, ob die durch dasselbe hervorgerufenen Hoffnungen und Befürchtungen in Erfüllung gehen werden.

*) im „Engineer" vom 14. April.

*) „Iron" No. 331, S. 616.

**) „Iron" No. 332, S. 621.

***) Sicherem Vernehmen nach hatte man vor Kurzem mit dem Verfahren von Thomas aufgehört, angeblich aus Mangel an Roheisen (vielleicht wegen des Strikes in den Kohlengruben von Durham). Im Iron and Steel Institute haben am 7. bis 9. Mai interessante Verhandlungen über die Entphosphorung stattgefunden. Die Vorträge von Thomas über sein Verfahren, von Snelus, von Riley über basische feuerfeste Steine und von Pormet über die Entphosphorung im Converter sowie die sich anschliessenden eingehenden Discussionen finden sich in „Iron" No. 331 und „Engineering" No. 698 und 699.

## Berichtigung zu Heft 5.

S. 225, Zeile 8 v. u. lies: Der Vorstand des Vereines von Gas- und Wasserfachmännern . . .

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# ZEITSCHRIFT

DES

# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

**1879. Band XXIII. Heft 7. Juliheft.**

## Abhandlungen.

### Die Kessel der Dampf-Feuerspritzen.

Von **C. Bach.**

(Hierzu Blatt 14 bis 16.)

(Schluss von Seite 141.)

8) Kessel der in der Lausitzer Maschinenfabrik vorm. J. F. Petzold in Bautzen gebauten Dampf-Feuerspritzen. Nach dem unter 7) besprochenen System construirt. Fig. 1 bis 5, Blatt 15.

Die Längsnähte der Feuerbuchse der beiden Kesselmanteltheile, aus bestem Schmiedeeisenmaterial gefertigt, sind geschweisst.

Der Rost besteht aus vier durch die Heizthür herausnehmbaren Theilen. Denselben zum Niederklappen einzurichten, wie es z. B. der Silsby-Kessel zeigt, erscheint mit Rücksicht darauf, dass an den Dampf-Feuerspritzen Einrichtungen getroffen sind, welche ein Niederarbeiten der Dampfpressung ohne Wasserförderung gestatten (vergl. Bd. XXII, S. 425 d. Z.), dass ferner die Dimensionen der Dampfpumpen in wenigen Secunden das Fördern von grossen Wasserquanten in den Kessel ermöglichen, und dass Vorsorge getroffen ist, um in jedem Moment Wasser aus dem Druckwindkessel, oder aus dem Dampfkessel mittelst eines Gummischlauches, der an einen Hahn angekuppelt ist, in den Feuerraum zu leiten, als eine nicht genügend begründete Complication.

| | |
|---|---|
| Grösse der Rostfläche | $\frac{\pi}{4} \cdot 0{,}842^2 = 0{,}557^{qm}$ |
| „ „ Rostfugenfläche . . . . | $0{,}22^{qm}$ |
| Breite der Roststäbe . . . . . . | $7^{mm}$ |
| „ „ „ . . . . . . . | $5^{mm}$ |

Mit Schmiedeeisen als Rostmaterial hatte ich bei Dampffeuerspritzen-Kesseln gute Erfahrungen nicht zu verzeichnen.

Das Verlieren der glühenden Asche während der Fahrt nach der Brandstelle wird vermieden entweder durch eine Jalousievorrichtung, welche gleichzeitig zur Zugregulirung dienen kann, oder durch einen Aschenkasten, dessen Boden nach Drehung dreier Vorreiber herausziehbar ist, so dass man an Ort und Stelle ange-kommen, die Asche direct auf den Boden fallen lassen kann, was im Interesse der Ersparniss der Arbeit des Ausräumens und der Zulässigkeit eines kleinen Volumens des Aschenkastens liegt. Der Aschenkasten gewährt den Vortheil, dass der Kessel im Falle eines Bruches der hinteren Achse sich auf denselben aufsetzen wird, während sonst je nach der Construction der Dampf-Feuerspritzen empfindlichere Theile der Maschine zur Aufnahme der angedeuteten Kraftwirkungen kommen können. Dagegen baut sich der mit Aschenkasten versehene Kessel etwas höher als ein solcher ohne denselben.

Die Heizfläche wird zum grösseren Theile durch die Röhren geliefert. Es sind deren 127 in 11 Schichten vorhanden und zwar von unten angefangen

| | | | |
|---|---|---|---|
| in der | 1. | Schicht | 11 Röhren |
| „ „ | 2. | „ | 12 „ |
| „ „ | 3. | „ | 12 „ |
| „ „ | 4. | „ | 11 „ |
| „ „ | 5. | „ | 11 „ |
| „ „ | 6. | „ | 12 „ |
| „ „ | 7. | „ | 12 „ |
| „ „ | 8. | „ | 11 „ |
| „ „ | 9. | „ | 11 „ |
| „ „ | 10. | „ | 12 „ |
| „ „ | 11. | „ | 12 „ |
| | | | 127 Röhren. |

Die Ebenen der Schichten sind gegen eine zur Axe des Kessels senkrecht stehende Ebene um einen Winkel geneigt, dessen Tangente $0{,}07$ beträgt. Die Axen der Röhren selbst bilden dann mit dieser senkrechten Ebene einen Winkel, dessen Tangente nahezu $0{,}05$ ist, weil die Axen der Röhren sich rechtwinklig in der Weise kreuzen, dass die Ebene, welche den rechten Kreuzungswinkel halbirt, den Neigungswinkel misst, dessen Tangente oben zu $0{,}07$ angegeben wurde. Das Speiseventil hat in dieser Ebene in den Kessel zu

münden oder wenigstens nicht weit hiervon. Der Abstand je zweier Schichtenebenen in Richtung der Kesselaxe gemessen, beträgt $44^{mm}$.

Der äussere Durchmesser der Röhren ist 1" engl. = $25{,}4^{mm}$; Wandstärke = No. 14 Birmingham W. G. = $0{,}083 \cdot 25{,}4 = 2{,}1^{mm}$, so dass sich für den inneren Durchmesser $21{,}2^{mm}$ ergiebt. Die Röhren lassen den Heizgasen in der obersten Schicht (hier ist der in Betracht kommende Durchmesser der Feuerbuchse am kleinsten = $680^{mm}$) einen **nutzbaren** Querschnitt von $0{,}14^{qm}$.

| | |
|---|---|
| Die Rohrheizfläche beträgt $78 \cdot 1 \cdot \pi \cdot 0{,}0254$ = | $6{,}23^{qm}$ |
| Die übrige Heizfläche . . . . . . . . | $2{,}46^{qm}$ |
| Gesammtheizfläche . . . . . . . . . | $8{,}69^{qm}$. |

Wasserraum, ermittelt durch Wiegen des Wasserquantums, welches in den Kessel gepumpt wurde, bis sich der Wasserspiegel $100^{mm}$ über die Feuerbuchsendecke erhebt = $85^{k}$ = rund $85^{l}$ d. h. etwa $10^{l}$ pro Quadratmeter Heizfläche. Der höchste Wasserstand wurde $80^{mm}$ über dem niedrigsten fixirt, entsprechend einem Plus von $24{,}6^{l}$ Wasserraum, d. h. etwa $3^{l}$ pro Quadratmeter Heizfläche. Dieser Wasserraum sei im Späteren kurz mit Wasserstandsvolumen bezeichnet.

Mittlere Grösse des Dampfraums rund $100^{l}$ = dem doppelten Quantum des pro Secunde im Maximum consumirten Dampfes.

Die eigenthümliche Anordnung der Rauchrohrpartie ergab sich als Consequenz des § 2 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln*), sowie als Lösung der Aufgabe, die zugerhöhende Wirkung des Abdampfes möglichst vollkommen werden zu lassen und insbesondere das Abdampfrohr zur Blasrohrvorrichtung zu führen, ohne den Heizgasen im Rauchrohr ein Hinderniss zu bieten.

Zur Erhöhung des Zuges während der Periode des Anheizens ist das Rauchrohr verlängerbar. Beim Ausziehen des inneren Rohrs wird dasselbe gehoben, bis der Ring *a*, Fig. 1, 4 und 5, an drei Stiften *b* anstösst, dann gedreht, bis die Stifte in die Nuthen *c* gelangen, hierauf etwas gehoben und ein wenig gedreht, bis die Stifte nach *d* gelangt sind. Das Einschieben des Rauchrohrs geschieht in umgekehrter Aufeinanderfolge der eben angeführten Manipulationen.

Das Abdampfrohr ist an dem äusseren (unteren) Rauchrohr befestigt und mit demselben leicht nach oben herausnehmbar, da dieses seine Befestigung nach unten hin nur durch den Blechconus erhält, welcher an das innere Kesselmantelrohr genietet ist.

Der Querschnitt des Rauchrohrs beträgt

$$\frac{\pi}{4} \cdot 0{,}27^2 = 0{,}0572^{qm}.$$

Es ist die Einrichtung getroffen, dass während der Anheizperiode Frischdampf zur Zugerhöhung benutzt werden kann, natürlich erst von dem Moment an, in welchem die Dampfpressung genügend hoch (mindestens $1^{k}$ Ueberdruck pro Quadratcentimeter) geworden ist. (Fig. 2, Schnelldampfrohr.)

Das Abdichten des oberen Kesselmantels mit dem unteren und dem inneren Kesselmantelrohr erfolgt durch 3 bis $4^{mm}$ starke Scheiben aus vulkanisirtem Gummi mit zweifacher Hanfeinlage oder mit Hanfumlage, eventuell unter Zuhilfenahme von Mennige. Das Abdrehen der Dichtungsflächen und das Eindrehen von Dichtungsnuthen in dieselben ist entschieden anzurathen; dass die Dichtungsscheiben höchstens bis zum Schraubenlochkreis reichen dürfen, ist selbstverständlich. Eine Schwierigkeit bietet dann die Dichtung weder bei der kalten Probe noch im Betriebe.

Bezüglich der Befestigung der Röhren in der Feuerbuchse sei Nachstehendes bemerkt:

Bei den ersten Kesseln, welche ich ausführen liess, wurden die Röhren nach Fig. 2, Blatt 16 einfach vernietet und dabei auf Folgendes geachtet.

Die Röhren, insbesondere die dem Feuer zunächst liegenden, werden eine höhere Temperatur annehmen als die Wandung der Feuerbuchse, infolge dessen werden die bei der hierdurch bedingten Mehrausdehnung einen Widerstand nicht findenden Röhren bestrebt sein, sich von der äusseren Wand der Feuerbuchse loszulösen. Mit Rücksicht hierauf würde sich als Material für die Röhren Stahl empfohlen haben, da dessen Wärmeausdehnungscoefficient nach den üblichen Angaben im Verhältniss von $\frac{0{,}1079}{0{,}1235} = 1 : 0{,}874$ geringer ist als derjenige des Schmiedeeisens, des Materials der Feuerbuchse. Doch wurde bei der Unzuverlässigkeit, welche dem Stahlmaterial im Allgemeinen z. Z. noch anhaftet, und infolge der hoch zu haltenden Bedingung, dass das Rohrmaterial sich gut vernieten lassen, also zäh sein muss, von der Verwendung von Stahlröhren abgesehen und zu schmiedeeisernen Röhren gegriffen.

Jedes gut ausgeglühte und vom Zunder befreite Rohr wurde nun in die Feuerbuchse eingeschoben, nachdem vorher die beiden correspondirenden Löcher derselben mittelst einer besonders für diesen Zweck hergestellten Reibahle mit zwei gegen einander stellbaren schwach conischen Fräsflächen ausgerieben worden waren, dann auf die erforderliche Länge abgeschnitten und an dem einen Ende vernietet. Hierauf wurde ein entsprechend grosses und erhitztes Stück Rundeisen in das Innere des Rohrs eingelegt und das andere Ende des Rohrs vernietet. Die hierdurch eintretende Erwärmung des letzteren in seinem mittleren Theile bezweckte im

*) § 2 lautet:

Die um oder durch einen Dampfkessel gehenden Feuerzüge müssen an ihrer höchsten Stelle in einem Abstand von mindestens $10^{cm}$ unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserspiegel des Kessels liegen.

Diese Bestimmungen finden keine Anwendung auf Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als $10^{cm}$ Weite bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Theiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die vom Wasser bespülte Kesselfläche, welche von dem Feuer vor Erreichung der vom Dampf bespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei natürlichem Luftzug mindestens 20mal, bei künstlichem Luftzug mindestens 40mal so gross ist als die Fläche des Feuerrostes.

Vorhinein eine gewisse Spannung in dem eingenieteten Rohr wach zu rufen, genügend den nachtheiligen Einfluss des oben erwähnten Plus an Erhöhung der Temperatur des Rohrs gegenüber der Feuerbuchsenwandung zu paralysiren, sowie der bei der Vornahme der gesetzlich vorgeschriebenen Druckprobe überschiessenden Deformation der Feuerbuchse Rechnung zu tragen.

Sämmtliche Röhren wurden in dieser Weise eingezogen und vernietet, die weit vom Centrum abgelegenen Rohre erforderten hierbei eine ganz besondere Sorgfalt.

Um die dem Durchmesser zunächst liegenden Röhren gleichzeitig zur Versteifung der Feuerbuchse zu benutzen, wurde zum Aufwalzen derselben mittelst des bekannten, drei Stahlrollen besitzenden Rohrverdichtungsapparates übergegangen. In Fig. 3, Blatt 16, ist diese Form des aufgewalzten Rohrs carrikirt gezeichnet.

Damit diese Befestigungsweise sich für alle Röhren durchführen lässt, wird eine Krümmung der nach der Peripherie zu gelegenen erforderlich. Dieselbe darf jedenfalls nur so weit gehen, als es die Rücksichten auf die Reinigung der Röhren gestatten. (Fig. 3, Blatt 15.)

Der Kessel ist für eine Maximaldampfpressung von $8^k$ Ueberdruck pro Quadratcentimeter gebaut.

Er besitzt keine Umhüllung zum Schutz gegen Wärmeverluste. Wenn es auch keinem Zweifel unterliegt, dass eine Umhüllung die Dauer der Anheizperiode und den Consum an Brennmaterial um etwas verringert, so ist andererseits nicht zu übersehen, dass undichte Stellen u. dgl., welche im Laufe der Zeit entstehen sollten, nicht so schnell in ihrer Bedeutung erkannt werden können. Die zwischen Umhüllung und Kesselmantel am Fusse des Kessels hervortretende Flüssigkeit (Wasser oder Dampf) wird zwar auf einen Defect hinweisen, doch pflegen Kesselwärter infolge der häufigen Wiederkehr bedeutungslosen Leckens derartige Erscheinungen leicht zu nehmen, sofern sich ihre Bedeutung nicht direct erkennen lässt. Mit Rücksicht hierauf und in Erwägung, dass Dampfspritzen-Kessel verhältnissmässig hoch beansprucht sind, nicht immer unter sachverständiger und aufmerksamer Bedienung stehen und auch nicht selten unter Verhältnissen benutzt werden, die eine Aufregung der Bedienungsmannschaft im Gefolge haben, entschied ich mich für Weglassung der Umhüllung.

Um den Eintritt des Regens in den Feuerraum (vor oder während der Anheizperiode oder bei längerem Stillstande u. s. w.) zu verhindern, empfiehlt sich das Abschliessen des Schornsteinausganges mittelst einer Klappe oder eines Drehschiebers.

Zur Erkennung des Wasserstandes sind zwei Wasserstandsapparate je mit Schutzhülse, sowie drei Probirhähne angeordnet. Die Wasserstandsgläser müssen während des Arbeitens bei Nacht beleuchtet werden können. Die in Fig. 6, Blatt 15 dargestellte Combination wurde auf besondere Bestellung von der Firma **Schäffer & Budenberg** in Buckau-Magdeburg geliefert.

Das von den Probirhähnen und den Abflusshähnen der Wasserstandshahnköpfe beim Gebrauch abfliessende Wasser ist im Interesse der Reinlichkeit durch Rohre nach abwärts zu leiten. Zur Messung der Dampfpressung dienen zwei Leuchtmanometer mit transparenter Scala (**Rau**'s Patent). Die inneren Lampen derselben sind beim Dunkelwerden anzuzünden. Die Verwendung derselben für Dampf-Feuerspritzen ist zu empfehlen.

Die beiden Sicherheitsventile sind selbstverständlich vorhanden. Speisevorrichtungen sind drei angeordnet: Handpumpe, Maschinenspeisepumpe, Injector. Ausserdem pflegen die Dimensionen der Dampf- und der Pumpenkolben der Dampfpumpe so bemessen zu sein, dass auch direct aus dem Druckwindkessel Wasser in den Dampfkessel gefördert werden kann. Traut man der Saugfähigkeit des Injectors nicht, so ist es besser, das Wasserreservoir desselben so hoch anzuordnen, dass ein Saugen nicht erforderlich wird. Die Handpumpe ermöglicht bei grösseren Dampfspritzen die Speisung des Kessels natürlich nur bei schwachem Betriebe bezw. bei niedriger Dampfpressung.

Hinsichtlich des Speisens sei darauf aufmerksam gemacht, dass die discontinuirlich vor sich gehende Beschickung des Rostes, eine ungleichmässige Wärmeentwickelung auf demselben zur Folge hat, welche infolge der continuirlichen Dampfentnahme ein discontinuirliches Speisen bedingt, sofern die Dampfpressungen möglichst wenig schwanken sollen. Diese sind unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen um so kleiner, je grösser $G_w + \Sigma G_p$ und je kleiner die Zwischenräume von Beschickung zu Beschickung. Die untere Grenze des letzteren ist durch die Rücksicht bestimmt, dass zu kurze Perioden auf den Heizeffect infolge des Einströmens kalter Luft bei jeder Oeffnung der Heizthüre nachtheilig einwirken. Für bestimmte Verhältnisse hat ein gewandter Heizer die richtige Grösse des fraglichen Zeitraumes bald ermittelt.

Fig. 4, Blatt 16 verdeutlicht das oben Gesagte.

Es bedeute für dieselbe:

- $q$ diejenige Wärmemenge, welche zur Zeit $t$ pro Secunde in die Kesselmassen übergehen würde, wenn die Intensität der Wärmeentwickelung auf dem Roste während der betrachteten Secunde constant bliebe;
- $q_0$ diejenige Wärmemenge, welche pro Zeiteinheit den Kesselmassen entnommen wird; sie darf für eine bestimmte Tourenzahl der Dampfpumpe als constant angenommen werden;
- $a$ das Gewicht des pro Secunde durch die Speisepumpe in den Kessel geförderten Wassers;
- $\tau_0$ dessen Temperatur;
- $t'$ die Dauer der Speiseperiode, von welcher zu fordern ist, dass sie zwischen $t_1$ und $t_2$ liegt:
- $b$ das Gewicht des dem Kessel pro Secunde entnommenen Dampfes;
- $G_w$ das Gewicht des zur Zeit $t_1$ in dem Kessel enthaltenen Wassers;
- $G_{2w}$ das Gewicht des zur Zeit $t_2$ in dem Kessel enthaltenen Wassers;

$\tau_1$ die Temperatur der Kesselmassen zur Zeit $t_1$, sie werde gleich gesetzt der Temperatur, welche der zur Zeit $t_1$ herrschenden Dampfpressung entspricht;

$\tau_2$ die Temperatur der Kesselmassen zur Zeit $t_2$, sie werde gleich gesetzt der Temperatur, welche der zur Zeit $t_2$ herrschenden Dampfpressung entspricht;

$\tau_1$ und $\tau_2$ sollen innerhalb enger Grenzen liegen.

Für einen Kessel wie den vorliegenden variirt die Dampfpressung im Falle forcirten Betriebes zwischen 6,5 und 7,25 Atm. Ueberdruck entsprechend $\tau_1 = 168{,}1$ und $\tau_2 = 172{,}1$, ohne dass hierzu eine mehr als gewöhnliche Gewandtheit des Heizers erforderlich ist. Wir können deshalb mit genügender Genauigkeit die in $1^k$ Dampf enthaltene Wärme, gleichgiltig ob dieselbe zur Zeit $t_1$ oder $t_2$ entnommen wurde, gleich einer Constanten $\alpha$ setzen, welche für das angeführte Beispiel

$$606 + 0{,}305 \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} = 658$$

sein würde. Von der specifischen Wärme des Wassers und denjenigen der Kesselmaterialien wird angenommen, sie seien constant. Dann ist

$$(\Sigma G_y + G_w)\,\tau_1 + \int_{t_1}^{t_2} q\,dt - q_0(t_2 - t_1) + a\,t'\tau_0 = (\Sigma G_y + G_{2w})\,\tau_2$$

Durch Substitution von

$$G_{2w} = G_w + a\,t' - b\,(t_2 - t_1)$$

und

$$q_0 = \alpha b + \beta$$

worin $\beta$ den Wärmeverlust der Kesselmassen an die Atmosphäre und an die anderen anschliessenden Metalltheile des Fahrzeuges u. s. w. zum Ausdruck bringt, resultirt

$$\tau_2 - \tau_1 = \frac{\int_{t_1}^{t_2} q\,dt - (\alpha b + \beta)(t_2 - t_1) - a t'(\tau_2 - \tau_0) + b\,(t_2 - t_1)\,\tau_2}{\Sigma G_y + G_w}$$

$$\tau_2 - \tau_1 = \frac{f - at'(\tau_2 - \tau_0) + b(t_2 - t_1)\tau_2}{\Sigma G_y + G_w} = k\,\frac{f - at'(\tau_2 - \tau_0) + b(t_2 - t_1)}{t_0 F} \qquad (2).$$

Die Gleichung (2) kann infolge des Mangels der Kenntniss des Gesetzes, nach welchem $q$ mit $t$ sich ändert, zu einer Berechnung der zu erwartenden Pressungsschwankungen nicht benutzt werden, wohl aber zeigt sie den Einfluss der einzelnen Elemente auf die Grösse der Schwankungen.

Die Ermittelung von $f$ für eine bestimmte Kategorie von Kesseln würde sich durch Beobachtung der zu $\tau_2$ und $\tau_1$ gehörigen Pressungen, der Zeiten $t_1$ und $t_2$ und $t'$ ausführen lassen. Die Beanspruchung durch die geschäftliche Thätigkeit gestattete mir jedoch nicht, hier mehr als das unbedingt Nothwendige zu thun, infolge dessen ich mich auch hier darauf beschränken muss, anzuführen, dass sich für Kessel mit dem mittleren Werth

$$\frac{\Sigma G_y + G_w}{F} = 18$$

und mit

$$\frac{a}{b} = 2 \text{ bis } 2{,}5\text{*})$$

die Schwankungen der Dampfpressung selbst bei forcirtem Betriebe innerhalb 10 pCt. der mittleren Pressung von $7^k$ Ueberdruck erhalten lassen.

Für die Grösse des Wasserstandsvolumens genügt $2{,}5\,F$ Liter ($F$ in Quadratmeter).

Die Speisevorrichtung soll eine Regulirung des gelieferten Wasserquantums gestatten (Einschaltung eines Hahns zwischen Saug- und Druckraum der Speisepumpe). Unter Bezugnahme auf Fig. 4 sei noch hervorgehoben, wie das sofort nach erfolgtem Schnitt des aufsteigenden Astes der Curve der $q$ mit der Linie der $q_0$ geschehende Steigen der Dampfpressung dem Heizer den Zeitpunkt des Beginns der Speisung anzeigt. Dass der Heizer und nicht der etwa vorhandene Maschinist speisen muss, ist aus dem Erörterten klar.

Die zur Ermittelung der Leistungsfähigkeit der Querröhren-Kessel angestellten Versuche konnten leider nicht bis zur Ermittelung des Maximums getrieben werden.

Die zu einem nach Massgabe der Fig. 1 bis 5, Blatt 15 gebauten und gleich grossen Kessel gehörige Dampfpumpe:

zwei Dampfcylinder je $130^{mm}$ Durchm. und $220^{mm}$ Hub,
schädlicher Raum 6 pCt. (nothwendig infolge der grossen Kolbengeschwindigkeit),
Füllung 93 pCt.,
Durchmesser der Kolbenstange $25^{mm}$

war nicht im Stande, bei ganz geöffnetem Dampfabsperrventil und bei der Umgangszahl von 240 im Mittel pro Minute den erzeugten Dampf vollständig zu verbrauchen. Da eine Steigerung der Tourenzahl über 240 das Mass des sachlich Zulässigen überschritten haben würde, so entfiel die Möglichkeit, das Volumen des im Maximum erzeugbaren Dampfes zu messen. Wir müssen uns deshalb mit der Kenntniss der bei $n = 240$ erlangten, im Folgenden angegebenen Leistung begnügen.

Mittlere Dampfpressung während des Versuches

$$\frac{6{,}8 + 7{,}4 + 7{,}2 + 7{,}3 + 7{,}1 + 6{,}8 + 7{,}4 + 6{,}2}{8} = 7{,}0^k \text{ Ueberdruck.}$$

(Beobachtung durch die beiden mit dem amtlichen Controlmanometer übereinstimmenden Manometer.)

Steinkohlenverbrauch pro Stunde $180^k$.

Während des Versuches war der Betrieb der Dampfpumpe ein forcirter, er forderte die ganze Aufmerksamkeit des gleichzeitig als Heizer fungirenden Maschinisten. Rücksicht auf Oekonomie im Kohlenconsum konnte nicht genommen werden. Der Zug war ein ausserordentlich intensiver.

---

*) Je grösser $\frac{a}{b}$, um so mehr beeinflusst die einfach wirkende Speisepumpe nachtheilig die Regelmässigkeit des Ganges der Dampfpumpe. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich selbst bei einer regulirbaren Speisevorrichtung, $\frac{a}{b}$ nicht grösser als nöthig zu machen.

Der Dampfconsum pro Umdrehung beträgt, sofern 5 pCt. Dampfverluste in Anrechnung gebracht werden

$$4 \cdot \frac{\pi}{4}(1{,}8^2 - 0{,}5 \,.\, 0{,}25^2)\, 2{,}2 \,.\, 1{,}06 \,.\, 0{,}98 \,.\, 1{,}05 = 11{,}865^l.$$

Absolut genommen ist die Dampfpressung

$$\frac{7+1{,}0333}{1{,}0333} = 7{,}77 \text{ oder rund } 7{,}75 \text{ Atm.}$$

Nach Zeuner's Tabelle von Grashof beträgt das specifische Gewicht des Dampfes von dieser Pressung 0,004149, folglich der Dampfconsum

pro Umdrehung $= 11{,}865 \,.\, 0{,}004149 = \quad 0{,}0492^k$
„ Stunde $= 0{,}0492 \,.\, 240 \,.\, 60 = 708{,}5^k$.

Hiernach erzeugt der Kessel mit Sicherheit

Dampf pro Quadratmeter Heizfläche $\frac{708}{8{,}69} = 81{,}5^k$

Dampf pro Kilogramm Steinkohlen $\frac{708}{180} = \quad 3{,}93^k$.

Verbrannt wurden

Steinkohlen pro Quadratmeter Rostfläche $\frac{180}{0{,}557} = 323^k$

„ „ „ Heizfläche $\frac{180}{8{,}69} = \quad 20{,}7^k$.

Die erlangten Resultate weisen unter Berücksichtigung aller Verhältnisse deutlich auf die vorzügliche Qualität der Heizfläche hin.

Die Dauer der Anheizperiode für Kessel nach Massgabe des vorliegenden, für welchen

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \frac{8{,}69}{0{,}557} = 15{,}6$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = \frac{0{,}557}{0{,}0572} = \quad 9{,}7$$

$$\frac{\text{Querrohrheizfläche}}{\text{Gesammtheizfläche}} = \frac{6{,}23}{8{,}69} = \quad 0{,}72$$

bestimmt sich aus

$$t_0 = k\frac{G_w + \Sigma G_y}{F}$$

mit $k = 0{,}5 = \frac{1}{2}$.

Reduction von $k$ auf 0,45 ist erzielbar.

Für den Versuchskessel beträgt $t_0$ rund 9 Minuten; zum Anheizen sind erforderlich 13 bis 14ᵏ trockene Hobelspäne und kleingespaltenes Holz (womöglich Kiefer) in Stücken von etwa 300ᵐᵐ Länge und etwa 20ᵐᵐ Breite bei 20 bis 40ᵐᵐ Höhe, 7 bis 10ᵏ Steinkohlen in Stücken von etwa 25 bis 60ᶜᶜᵐ Inhalt. Von der in dieser Quantität Brennmaterial enthaltenen Wärme geht während der Anheizperiode etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ in die Kesselmassen über.

Das Entzünden des aufgespeicherten Brennmaterials soll im Centrum des Rostes erfolgen.

Es wird von Interesse sein, den Werth von $k$ für einen zwar ähnlichen, jedoch abweichend construirten Kessel zu ermitteln. Ein solcher ist vorhanden.

Das bereits auf Seite 250 erwähnte Gutachten behandelt ausser der Silsby-Spritze noch eine (die erstgebaute, 1877) Dampf-Feuerspritze von G. A. Jauck in Leipzig.

Ueber den in Fig. 1, Blatt 16 skizzirten Kessel derselben macht das Gutachten folgende Angaben:

| | |
|---|---|
| Kesselhöhe ohne die Wölbung | 1280ᵐᵐ |
| Durchmesser . . . . . . | 650ᵐᵐ |
| Blechstärke im Mantel . . . | 9ᵐᵐ |
| „ in der Decke . . | 11ᵐᵐ |
| Höhe der Feuerbuchse . . . | 1000ᵐᵐ |
| Durchm. der „ oben . | 469ᵐᵐ |
| „ „ „ unten . | 780ᵐᵐ |
| Blechstärke im Mantel . . . | 11ᵐᵐ |
| „ in der Decke . . | 13ᵐᵐ |
| Zahl der verticalen Siederöhren | 23 |
| Länge derselben . . . . . | 775ᵐᵐ |
| Durchmesser derselben aussen | 22ᵐᵐ |
| Wandstärke . . . . . . . . | 1,75ᵐᵐ |
| Zahl der Querröhren . . . . | 112 |
| Länge derselben . . | 360 bis 480ᵐᵐ |
| Durchmesser derselben . . . | 22ᵐᵐ |
| Totale Heizfläche (bei 100ᵐᵐ Wasserstand über der Feuerbuchse) | 6,1ᑫᵐ |
| Rostfläche . . . . . . . . | 0,48ᑫᵐ |
| Rostfugenfläche . . . . . . | 0,24ᑫᵐ |
| Breite der Roststäbe . . . . | 10ᵐᵐ |
| „ „ Rostfugen . . . . | 10ᵐᵐ |
| Wasserraum bei 40ᵐᵐ Wasserstand über der Feuerbuchsendecke | 137ˡ |
| Wassertemperatur . . . . . | 22° C. |

Zum Anheizen wurden verwendet eine geringe Menge Hobelspäne, 15ᵏ kleingespaltenes Holz, Zwickauer Steinkohle, deren Menge man dem Ermessen des Heizers anheimgestellt hatte.

Von dem Moment des Anzündens des Brennmaterials verstrichen folgende Zeiten:

| | |
|---|---|
| bis zum Erscheinen des Rauches am Schornsteinkopf | 15" |
| „ „ Eintritt einer Dampfspannung von 1 Atm. | 15' 35" |
| „ „ „ „ „ „ 2 „ | 17' 42" |
| „ „ Anlassen der Maschine . . . . . . | 19' 1" |
| „ „ Eintritt einer Dampfspannung von 3 Atm. | 19' 43" |

Leider wurden die Zeitbeobachtungen nicht weiter fortgesetzt, weil, wie das Gutachten sagt, „die Erreichung der höheren Spannungen — wol infolge zu frühen Anlassens der Maschine — unverhältnissmässig lange Zeit erforderte, und weil die Frage, welcher Spritze in Hinsicht auf Schnelligkeit des Anheizens der Vorzug zu geben ist, schon bei 3 Atm. zur Evidenz entschieden angesehen werden kann.“

Zur Bestimmung der fehlenden Beobachtungen müssen wir die letzte ausscheiden, da das Anlassen der Maschine auf die Anheizperiode verlängernd eingewirkt hat. Um die Dampfpressung von 2 Atm. absolut auf 3 Atm. absolut zu erhöhen, vergingen 2' 7" = 127".

Der ersten Spannung entspricht eine Temperatur von 120,6° C., der letzteren von 133,9° C.

Wir wollen annehmen, dass für weitere Erhöhung der Spannung der Zeitaufwand proportional den entsprechenden Temperaturdifferenzen sei. Dann wird bis zur Erzeugung einer Dampfpressung von 5ᵏ Ueberdruck,

entsprechend einer Temperatur von 158° C., ein Zeitraum von

$$17' 42'' + 127'' \frac{157,9 - 133,9}{133,9 - 120,6} = 17' 42'' + 127'' \frac{24}{13,3} =$$
$$= 17' 42'' + 3' 49'' = 21' 31''$$

vergehen.

In den bereits erwähnten Mittheilungen über den zehnten deutschen Feuerwehrtag zu Stuttgart 1877, auf welchem die Jauck'sche Spritze ausgestellt war, findet sich bezüglich derselben folgende Notiz:

„Zeitdauer vom Anheizen

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| bis 1 Atm. | Ueberdruck | | 17 Minuten | |
| „ 2 | „ | „ | 19,5 | „ |
| „ 3 | „ | „ | 20,5 | „ |
| „ 4 | „ | „ | 22 | „ |

Dann begonnen.

Wasserstand ging nur so weit als die Heizrohre."

Wahrscheinlich wurde zwischen 3 und 4 Atm. der Rost beschickt.

Bei der am 12. Mai 1877 in Leipzig stattgehabten Prüfung derselben Maschine, welcher ich beiwohnte, vergingen 22½ Minute bis zur Erzeugung von 5 Atm. Ueberdruck.

Diese Angaben befinden sich mit Rücksicht auf die vielen Zufälligkeiten, welche bei derartigen Proben hie und da einzutreten pflegen, in genügender Uebereinstimmung mit der oben berechneten Zahl.

Der Werth von $\Sigma G_\gamma$ bestimmt sich aus den oben angeführten Daten des Gutachtens und unter sachgemässer Annahme von Werthen für mangelnde Angaben, zu

$$\Sigma G_\gamma = 79.$$

Nun ist für diesen Kessel, für welchen

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = 13,$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 13$$ (ohne Berücksichtigung der Verengung durch das Rauchrohr),

$$\frac{\text{Querröhrenheizfläche}}{\text{Gesammtheizfläche}} = 0,55,$$

$$21,52 = k \frac{137 + 79}{6,1}$$

folglich

$$k = 0,61.$$

Die Abweichung von $0,61 - 0,5 = 0,11$ der Werthe von $k$ für die beiden Kessel dürfte etwa mit 0,06 auf Rechnung der geringeren Qualität der Heizfläche des Kessels in Fig. 1, Blatt 16 (hier nur 55 pCt. Querröhrenheizfläche, dort 72 pCt. u. s. w.), mit 0,05 auf Rechnung der geringeren Intensität des Zuges (Rauchrohrquerschnitt klein, ausserdem noch verengt durch Abdampfrohr) zu setzen sein.

Die verhältnissmässig geringe Differenz bestätigt die Brauchbarkeit der Gleichung (1).

Von besonderer Wichtigkeit für einen Dampfspritzen-Kessel ist die Anordnung einer wirksamen Wasserabscheidung. Da nahezu der ganze Dampf (nehmen wir 650$^k$ von jenen 708,5$^k$) bei dem Querröhrenkessel durch die eine (die grössere) Hälfte der Ringfläche zwischen Kesselmantel und Feuerbuchse nach oben entweichen muss und diese Hälfte nur 0,0355$^{qm}$ beträgt, so entspricht dies dem Entsteigen von $\frac{650}{0,0355}$ = rund 18000$^k$ Dampf pro Stunde und pro Quadratmeter Wasserfläche. Dieser Dampf muss demnach ausserordentlich viel Wasser mit sich reissen. Zur Abscheidung des Wassers bleibt hier kein anderes Mittel als die Centrifugalkraft.

Für Dampfspritzen-Kessel verdient hierbei folgender Umstand sorgsame Beachtung.

Die Verwendung des angegebenen Mittels hat zur Folge eine gewisse Differenz zwischen der Pressung des Dampfes im Kessel und derjenigen Pressung, welche da herrscht, wo die Abscheidung des Wassers erfolgt. In dem Rohre, welches das abgeschiedene Wasser in den Kessel zurückführt, wird sich das Kesselwasser infolge dieser Druckdifferenz um eine Höhe $h$ über den Wasserspiegel im Kessel erheben, welche jener Differenz entspricht. Zu $h$ gesellt sich zunächst noch eine Höhe $h_1$ erforderlich, damit das abgeschiedene Wasser in das Kesselwasser zurückfliessen kann. Da nun die Dampfentwickelung eine ausserordentlich heftige ist, so befindet sich der Kesselwasserspiegel in heftiger Bewegung, welche sich auch nothwendiger Weise dem in jenem Rohre stehenden Wasser mittheilt und dadurch bewirkt, dass sich das letztere in Summa um eine Höhe $h + h_1 + h_2$ über den gleichzeitigen Kesselwasserspiegel erhebt. Hierin bringt $h_2$ das momentane Steigen des Wassers in dem Abflussrohr infolge der heftigen Bewegung des Kesselwassers zum Ausdruck.

Liegt nun das Niveau, in welchem die Abscheidung des Wassers vom Dampfe erfolgt, um $H$ über dem höchsten Wasserstande des Kessels und ist

$$H < h + h_1 + h_2,$$

so wird das Kesselwasser in den Wasserabscheider treten und demselben die Erfüllung seines Zweckes unmöglich machen. Diese Gefahr liegt bei den Dampfspritzen-Kesseln, bei deren Construction man mit den Dimensionen nach allen Richtungen eingeschränkt ist, und bei denen insbesondere die Kesseldecke nur wenige Decimeter über dem höchsten Wasserstand im Kessel sich erhebt (im vorliegenden Falle 313$^{mm}$), sehr nahe, besonders dann, wenn die localen Verhältnisse der Brandstelle eine Aufstellung der Dampf-Feuerspritze auf schiefer Ebene derart bedingen, dass sich $H$ noch wesentlich erniedrigt.

Der in den Fig. 7 bis 10, Blatt 15 dargestellte Wasserabscheider, dessen Form zugleich mit dadurch bedingt war, dass er zunächst als Ersatz für einen nicht genügend wirksamen Apparat construirt wurde, wird die Bestrebungen, den besprochenen Eigenthümlichkeiten Rechnung zu tragen, deutlich erkennen lassen.

$H$ wurde so gross gemacht, als es mit Rücksicht auf die Höhenlage der Dampfpumpe zulässig erscheint;

$h$ wurde durch möglichst grosse freie Querschnitte und durch sauberes Bearbeiten der Flächen, an denen das aus dem Kessel kommende Gemisch von Dampf und Wasser entlang strömt, nach Möglichkeit niedrig gehalten;

$h_1$ durch genügende Weite des Abflussrohres thunlichst reducirt;

$h_2$ durch Erweiterungen und plötzliche Verengungen, welche der von unten nach oben sich bewegenden Wassersäule Widerstand bieten, in enge Grenzen gewiesen.

Der Wasserabscheider functionirt bei einer Dampfentnahme von 708$^k$ (7$^k$ Ueberdruck) durch die Zwillingsdampfpumpe, deren Dimensionen bereits oben angeführt wurden, vollständig zufriedenstellend, obgleich die Grösse $H$ zuweilen bis auf 330$^{mm}$ zurück geht.

Versuche ohne den Wasserabscheider ergaben als Resultat die Nothwendigkeit der Zuführung von 1405$^k$ Speisewasser während 70 Minuten, also von rund 1200$^k$ während der Stunde. Da die Dampfpumpe nicht im Stande war, mit so nassem Dampf 240 Touren zu machen, so wurde der überschüssig erzeugte nasse Dampf durch die Sicherheitsventile in die Atmosphäre entlassen.

Werden rund 450$^k$ Wasser als durch den Wasserabscheider getrennt angenommen, so würde pro Secunde $^1/_8{}^l$ Wasser durch das Abflussrohr in den Kessel zurückfliessen müssen.

Bei der Construction des Wasserabscheiders ist es räthlich, davon auszugeben, dass derselbe ein Wasserquantum gleich dem Gewicht des im Maximum abgezogenen Dampfes abscheiden kann.

Die Prüfung des Wasserabscheiders lässt sich einfach in der Weise vornehmen, dass man untersucht, ob die Dampfpumpe bei ganz geöffnetem Dampfabsperrventil (Regulator) bei der Maximal-Dampfspannung die Maximal-Umgangszahl mit entsprechender Nutzleistung vollführt. Ist dies nicht der Fall, so spricht dies dafür, dass mit dem Dampfe viel Wasser in den Dampfcylinder tritt, d. h. dass der Wasserabscheider ungenügend functionirt.

Als ungelöst muss schliesslich noch bezeichnet werden die Aufgabe der Construction eines wirklich und bei anhaltender Arbeit gleich wirksamen und betriebssicheren Funkenfängers oder Funkenlöschers für Dampfspritzen. Derselbe soll insbesondere den Zug gar nicht oder nur sehr wenig schwächen, ausserdem soll er sich nicht hoch bauen. Die Strube'sche Construction dürfte sich vielleicht noch am ehesten für Dampfspritzen verwendbar machen lassen, wenn sie einen weniger hohen Bau lieferte.

## Zusammenfassung.

Für Dampf-Feuerspritzen eignet sich in erster Linie der Kessel mit Querröhren, wie er unter 7) und 8) besprochen worden ist. Dann kommt der Fieldkessel in den unter 3), 4) und 5) erläuterten Formen. Der unter 6) behandelte Latta-Kessel erscheint nicht geeignet, empfohlen zu werden, ganz abgesehen davon, dass eine Veranlassung zur Verminderung der Dauer der Anheizperiode auf 4 oder 5 Minuten nicht vorliegt.

Dauer der Anheizperiode.

a) Für den Kessel mit Querröhren nach 8), ohne Umhüllung

$$t_0 = {}^1/_2 \frac{\Sigma G_y + G_w}{F}$$

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \text{etwa } 15 \qquad \frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 9 \text{ bis } 10.$$

Querröhrenheizfläche mindestens 70 pCt. der Gesammtheizfläche.

Minimum $t_0 = 8$ bis 10 Minuten.

Die Reduction des Coefficienten $k$ von 0,5 auf 0,45 kann als erzielbar angesehen werden.

b) Für den Fieldkessel nach 3) mit Umhüllung

$$t_0 = {}^2/_3 \frac{\Sigma G_y + G_w}{F}$$

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \text{etwa } 18 \qquad \frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 10 \text{ bis } 12$$

Minimum $t_0 = 9$ bis 12 Minuten.

c) Für den Fieldkessel nach 4) oder 5) mit Umhüllung

$$t_0 = {}^2/_3 \frac{\Sigma G_y + G_w}{F}$$

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \text{etwa } 28 \qquad \frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 7$$

Minimum $t_0 = 9$ bis 11 Minuten (amerikanische Constructionen).

$\Sigma G_y$ pflegt zu sein $7F$ bis $11F$
$G_w$ „ „ „ $8F$ „ $12F$

In competenten Feuerwehrkreisen erachtet man $t_0 = 12$ Minuten für genügend kurz. Es dürfte im Interesse beider Theile liegen, wenn die Besteller den über das Ziel schiessenden Bestrebungen der Fabrikanten, ein möglichst kleines $t_0$ zu realisiren (natürlich meist auf Kosten der Dauer und der Betriebssicherheit des Kessels) dadurch ein Ende machen würden, dass sie für $t_0$ eine obere Grenze und gleichzeitig einen Wasserraum von etwa $12F$ bis $15F$ bedingen. Das hierdurch erlangte Plus an Wasserraum würde zur Verstärkung des Wasserkörpers zwischen Feuerbuchse und Kesselmantel zu verwenden sein. Um die Dauer der Anheizperiode nicht über die jetzt übliche Grösse zu erhöhen und doch die im Interesse der Dauer des Kessels wünschenswerthe Vergrösserung des Raumes zwischen Feuerbuchse und Kesselmantel eintreten lassen zu können, empfiehlt sich folgende Einrichtung.

Der Kessel der zum Abrücken nach der Brandstelle bereit stehenden Dampf-Feuerspritze wird mit einem stationären Vorwärmer, welcher mittelst einer oder mehrerer Gasflammen oder in anderer Weise geheizt werden kann, so in Verbindung gesetzt, dass sein erwärmtes Wasser stetig durch den Kessel circulirt. Würde durch diesen Vorwärmer die Temperatur des Wassers fortdauernd auf etwa 50° C. gehalten, so wäre eine Vermehrung von $G_w$ um 30 bis 40 pCt. zulässig, ohne dass $t_0$ grösser resultiren würde. Die Kosten hierfür dürften im Vergleich zu den übrigen Ausgaben für die stetige

erklärlich, dass dies mit grösster Vorsicht geschehen muss, besonders so lange Saug- und Steigrohre noch leer, so lange noch keine normale Arbeit vorhanden ist. Denn diese Maschinen sind wegen mangelnder Hubbegrenzung und mangelnder Schwungmassen sofort zum Durchbrennen oder plötzlicher Steigerung der Geschwindigkeit geneigt, wenn der gegebene Dampf für die zu leistende Arbeit zu stark ist. Ich habe mehrfach der Ingangsetzung solcher Maschinen beigewohnt, kann aber nichts Rühmliches davon melden.

Sind die Maschinen ohne Gestänge mit Rotation versehen, und sind sie, wie wohl anzunehmen, darauf gestellt, mit kräftiger Expansion zu arbeiten, so bieten sie keine sonderlichen Schwierigkeiten beim Anlassen, wenn Saug- und Steigröhren leer, wohl aber, wenn diese gefüllt sind. Dann muss entweder die Steuerung so construirt sein, dass man bequem in jedem Augenblicke den Expansionsgrad bis auf Volldruck steigern kann, um in jeder Stellung Dampf geben zu können, oder es muss am Schwungrade gewippt werden, bis eine zum Anlassen geeignete Stellung erreicht ist. Erstere Manipulation erfordert einen geschickten Maschinisten, der sofort nach gegebenem Volldruck richtig an Dampf bezw. an Füllung abzuziehen weiss, damit die Maschine auch nicht eine Umdrehung mit gefährlicher Geschwindigkeit vollführe, letztere, das Wippen ist mühselig bei vollbelasteter Maschine. Bezüglich der Bedienung nehmen mithin die Maschinen ohne Gestänge mit Rotation nur einen mittleren Rang ein.

Die Fähigkeit wechselnden Leistungsanforderungen zu entsprechen, also je nach Bedarf ein grösseres oder geringeres Wasserquantum zu wältigen, hängt ab von der Fähigkeit schnell oder langsam zu gehen. Diese Fähigkeit ist häufig von grosser Wichtigkeit. In den meisten Bergwerken wechseln die Wasserzuflüsse ganz erheblich je nach der Jahreszeit, den atmosphärischen Niederschlägen u. s. w. Natürlich muss die Maschine mit Sicherheit die grösste vorkommende Wassermenge heben können. Andererseits ist in den meisten Fällen bei Anlage einer Wasserhaltung nicht der vorhandene Zustand allein massgebend, sondern man will mit der neuen Anlage grössere Teufen erschliessen; das dort zu wältigende Wasserquantum kennt man noch nicht, und so wird dasselbe dann meist, um sicher zu gehen, ziemlich hoch gegriffen, die Maschine reichlich stark bemessen. So kommt es, dass theils wegen des grossen Wechsels in den Zuflüssen, theils infolge übertriebener Annahmen die Maschinen und Pumpen oft für einen grossen Theil der Betriebszeit, für die mittlere Leistung zu reichlich bemessen sind; fehlt nun der Maschine die Fähigkeit, langsam genug gehen zu können, so muss man dieselbe mit Unterbrechungen arbeiten lassen, man muss Räume schaffen, in denen während der Stillstände sich das Wasser sammelt, Sümpfe, und muss diese dann mit verhältnissmässig raschem Gange der Maschine entleeren. Da das wiederholte Anlassen und Stillstellen der Maschine durchaus nicht zu den Annehmlichkeiten gehört, wie Ihnen jeder Maschinenwärter sagen wird, so müssen diese Sümpfe sehr gross gemacht werden, um doch wenigstens den Zulauf mehrerer Stunden zu fassen, und sie werden dadurch kostspielige Einrichtungen. Häufig machen auch andere Verhältnisse einen unterbrochenen, wenn auch langsamen Betrieb der Wasserhaltungsmaschine erwünscht, sei es dass sie Wasser zur Kesselspeisung hebt, sei es dass sie die Aufbereitung mit Wasser versorgt, dass sie Gesteinbohrmaschinen speist, oder dass gar das von ihr gebrachte Wasser als Motor ausserhalb der Grube benutzt wird; immer wird, wenn sie häufig stillgestellt werden muss, Hilfe durch Bassins, Teiche u. s. w. geschaffen werden müssen.

Noch viel lästiger wird die Unfähigkeit, langsam genug gehen zu können, beim Abteufen. Da ist die Herstellung eines Sumpfes unmöglich, die Maschine muss gerade so viel Wasser heben wie zufliesst und zwar fortwährend, so lange die Leute arbeiten. Da giebt es, wenn die Maschine nicht langsam genug gehen kann, kein anderes Mittel, als Wasser von oben zulaufen zu lassen, und das kostet viel Kohlen.

Von den Maschinen ohne Gestänge sind diejenigen ohne Rotation sehr wohl im Stande, mit bedeutend wechselnder Geschwindigkeit zu arbeiten, sie erreichen die Variation durch langsame oder schnelle Bewegung innerhalb des Hubes, während nennenswerthe Pausen an den Hubenden durch die selbstthätige gezwungene Umsteuerung verhindert sind; diese Maschinen werden also, wenn sie auch langsam genug zu gehen vermögen, alle Nachtheile der Maschinen mit sehr geringer Kolbengeschwindigkeit haben, starke Wasser- und Dampfverluste durch die Undichtigkeiten der Kolben, verhältnissmässig grosse Wärmeausstrahlungen u. s. w.

Die Maschinen ohne Gestänge mit Rotation können der hier gestellten Aufgabe schlecht genügen; wie schon oben ausgeführt, zwingen bei ihnen Rücksichten der Ersparniss meist zur möglichsten Verringerung der Schwungräder; damit wird ihnen aber die Fähigkeit des langsamen Ganges genommen, sie können die todten Punkte nicht mehr überwinden und von Expansion ist schliesslich gar keine Rede mehr.

Beide Gattungen der Maschinen ohne Gestänge sind natürlicherweise sehr empfindlich, wenn die Pumpen zum Schlürfen kommen, d. h. wenn wegen ungenügenden Wasserzulaufs die Pumpen anfangen, Luft mitzusaugen, da die damit verbundene Entlastung die Geschwindigkeit plötzlich steigert.

Am allerungünstigsten stellen sich die Maschinen ohne Gestänge bezüglich der letzten Anforderung, der Sicherheit des Betriebes; in dieser Beziehung sind sie so schlecht, dass alle ihre übrigen Vorzüge sie nicht über den Werth eines Nothbehelfes zu erheben vermögen. Es liegt das in der Natur der Sache. Aufgestellt in knapp bemessenen unterirdischen Räumen, schlecht beleuchtet und schlecht zugänglich, sind sie mühselig zu warten und dadurch leichter Störungen ausgesetzt; der Saughöhe wegen müssen sie dicht über der zu entwässernden Sohle aufgestellt werden, sie sind mithin bei einem Stillstand sehr rasch der Gefahr des

Ersaufens ausgesetzt, und zwar nicht die Pumpen allein, sondern die ganze Maschine. Eine sonst betriebsfähige Pumpe an einem Gestänge mag lachtertief unter Wasser stehen, sie pumpt sich wieder frei, eine ersoffene unterirdische Wasserhaltungsmaschine kann nur mit Hilfe einer anderen gerettet werden. Man trifft deshalb selten eine solche Maschine allein eingebaut, sondern meist die Reserve mit Steigrohr u. s. w. gleich daneben, oder doch so viel Reservetheile, dass man fast eine zweite Maschine daraus zusammensetzen könnte. Wo bleibt da der Hauptvorzug, die Billigkeit?

Ich gehe jetzt über auf die Maschinen mit Gestänge, bei denen wiederum zu unterscheiden sind solche ohne Rotation und solche mit Rotation. Der Chronologie nach ist die Gestängemaschine ohne Rotation die älteste Wasserhaltungsmaschine, sie ist überhaupt die erste Form regelmässiger und vielfacher Verwendung der Dampfkraft. Von dem Bezirk, in welchem sie zuerst in zahlreichen Exemplaren zur Anwendung kam, eingeführt durch den Vater der Dampfmaschine, Watt, vervollkommnet durch Hornblower, Bell, Trewithik u. A. führt sie noch heute den Namen Cornwall-Maschine.

Die Cornwall-Maschine bewegt das Gestänge entweder an direct verlängerter Kolbenstange oder durch Vermittelung eines Balanciers, an dessen einem Ende der Dampf, am anderen das Gestänge wirkt. Die Steuerung geschieht durch Katarakte, welche an den Hubenden die Einlassventile öffnen, während deren Schluss durch eine mit der Kolbenstange bezw. dem Balancier in starrer Verbindung stehende Steuerstange geschieht. Die ersten Cornwall-Maschinen waren natürlich Niederdruckmaschinen, deren Hauptwirkung durch die Condensation erreicht wurde. Jedoch bald ging man dazu über, die Maschinen mit Hochdruck und Expansion arbeiten zu lassen, und kam damit allmälig dahin, dass man 10- bis 12fache Expansion anwandte. Die Maschinen arbeiteten infolge dessen mit ausserordentlich geringem Kohlenverbrauch, und es entstand ein förmlicher Wettkampf zwischen den Gruben des Cornwall-Reviers, welche Maschine am besten arbeitete, ein Wettkampf, den wir uns in jeder Beziehung zum Muster nehmen könnten. Wir verdanken diesem Streben eine Reihe sorgfältiger Aufzeichnungen über Leistung und Kohlenverbrauch einer grossen Anzahl von Cornwall-Maschinen aus den Jahren 1815 bis 1858, welche Kley in seinem Werke über die Wasserhaltungsmaschinen des Altenberges wiedergegeben hat. Die Engländer verstehen unter „duty“ (Leistung) die nützliche Arbeit in engl. Fusspfunden aus Durchmesser, Kolbenhub, Druckhöhe und Zahl der Hübe berechnet, welche 1 Bushel Kohlen zu 94 Pfd. engl. producirt hat; mit Rücksicht auf den hohen Heizwerth der Walliser Kohle kann man rechnen, dass eine duty von 90 Millionen engl. Fusspfund gleich ist einem Kohlenverbrauch von $1^k$ pro Pferdest. und Stunde. Nun weisen jene Aufzeichnungen von durchschnittlich 50 Maschinen nach, dass die mittlere duty von 20 Millionen im Jahre 1815 $= 4^1/_2{}^k$ pro Pferd und Stunde fortdauernd stieg auf 60 Mill. im Jahre 1843 $= 1^1/_2{}^k$ pro Pferd und Stunde und wieder zurück ging auf 44 Millionen im Jahre 1858 über $2^k$ pro Pferd und Stunde, während die besten der beobachteten Maschinen auf über 100 Millionen Fusspfund kamen, also unter $1^k$ pro Pferd und Stunde. Bedenken Sie, dass in dieser Leistung noch alle Verluste durch Pumpen- und Gestängereibung, Wasserverluste der Kessel, Abkühlung u. s. w. inbegriffen sind, so werden Sie über solche Resultate erstaunen. Denn die Erhebungen in unserem westfälischen Kohlenrevier haben ergeben, dass die dortigen Cornwall-Maschinen im Durchschnitt das 8 bis 10fache brauchen.

Sie werden fragen, wie solche Expansionsgrade (denn darin liegt neben sorgfältiger Ausführung und Wartung der Grund des geringen Kohlenverbrauches) wie 10 bis 12fache Expansion bei Maschinen ohne Schwungrad möglich ist. Wie schon früher gesagt, ist dies nur bei Anwendung sehr grosser Gewichtsmassen möglich, welche den Kraftüberschuss des Dampfes erst aufnehmen, dann abgeben. Die Jahrhunderte alten Gruben Cornwalls mit ihren grossen Teufen und verzweigten Bauen boten die Gelegenheit solche Massen anzubringen, und ich will Ihnen nur ein Beispiel mittheilen, welches Kley anführt: Davey's Maschine auf den Consolidated mines in Cornwall hatte ein Gestänge, welches $^1/_3$ engl. Meile lang war und im Ganzen $135^t$ wog. Zum Ueberwinden der Wassersäulen waren nur $39^t$ erforderlich, der Rest von $96^t$ war durch Gegenbalanciers ausgeglichen. Im Ganzen waren also $135 + 96 = 231^t$ in Bewegung, ohne die Massen der Contrebalanciers, der Kunstkreuze und der Saugpumpen-Wassersäulen zu rechnen.

Aber wie schon aus den oben mitgetheilten Betriebsresultaten ersichtlich, ist die Leistung der Maschinen auch in Cornwall zurückgegangen und mit gutem Grunde. Die Bewegung so bedeutender Gewichtsmassen, von denen der grösste Theil willkürlich hinzugefügt wird, um stark expandiren zu können, ist stets mit grosser Gefahr verknüpft, und die Anstrengung sämmtlicher Arbeitstheile zu Beginn des Hubes, wo der Dampf so zu sagen mit seinem ganzen Kraftspeicher in den Cylinder tritt, von dem er während des Hubes abgiebt, ist eine ganz enorme. So hat es sich gezeigt, dass mit der starken Expansion häufige Brüche verbunden sind, Brüche, die um so verderblicher wirken, je grösser die bewegten Massen sind. Wenn dennoch die Cornwall-Maschine durchaus nicht unfähig ist, bezüglich des Kohlenverbrauches mit den besten Systemen zu wetteifern, so sind es trotzdem praktische Schwierigkeiten, welche im Interesse des Betriebes dazu zwingen, auf diesen Vorzug zu verzichten. Auch durch ihre grossen schädlichen Räume bei nicht fest begrenztem Hub arbeitet sie ungünstig in Bezug auf Kohlenverbrauch.

Im Anschaffungspreis ist die Cornwall-Maschine an sich verhältnissmässig sehr billig, wenn ich von den Kosten des Schachtes, des Gestänges u. s. w. absehe.

Ihr Einfluss auf die Bewegung der Pumpen ist insofern ein günstiger, als sie Hubpausen gestattet, jedoch fehlt ihr der Vorzug der Maschinen mit Rotation,

die Geschwindigkeit allmälig von Null bis zur Mitte des Hubes wachsen und von da ebenso wieder abnehmen zu lassen. Im Gegentheile, nach der Pause, bei Beginn des Hubes arbeitet sie leicht sprungweise, his zwischen Dampf und Pumpenarbeit nahezu Gleichgewicht eintritt.

In der Führung ist die Cornwall-Maschine sehr bequem; die Ventile werden sämmtlich durch Handhebel führbar gemacht, so dass der Maschinist sie jeden Augenblick in der Gewalt hat, in jeder Stellung in Betrieb setzen kann. Auch ihre Fähigkeit, viel oder wenig Hübe zu machen, ist unübertroffen; die Grenze nach oben setzen die Pumpen, wie schon erwähnt; nach unten, also im langsamen Gange kann die Maschine bei richtiger Construction fast bis Null herunter gebracht werden.

Die Betriebssicherheit der Cornwall-Maschine ist keine bedeutende; bei plötzlicher Entlastung, bei Rohr- und Gestängebruch schlägt sie einfach durch, sei es nach oben oder unten, und wenn dann die Fanglager ihre Pflicht nicht thun, giebt es Bruch in Masse.

Eine wesentliche Verbesserung der Cornwall-Maschinen, die nach dem missglückten oder wegen Schwierigkeiten der Ausführung wieder verlassenen Versuchen von Hornblower und Woolf stets eincylindrig gebaut wurden, hat Kley in Bonn durch Wiederaufnahme des Woolf'schen Systems herbeigeführt, wenigstens bezüglich des Dampfverbrauches und der Anstrengung der Theile bei Beginn des Hubes. In dieser Hinsicht waren die für Grube Altenberg der Vieille Montagne nach Kley's Angaben construirten beiden Woolf'schen Cornwall-Maschinen epochemachend und gehen heute noch vorzüglich.

Die Gestängemaschinen mit Rotation sind in den verschiedensten Anordnungen zu finden, als eincylindrige und Woolf'sche, als stehende mit Balancier, als liegende mit ein oder zwei Kunstkreuzen, bei kleineren Anlagen liegende mit Zahnradvorgelege und Kunstkreuz u. s. w. Es mögen ja unzweifelhaft bezüglich der Detailanordnung sehr erhebliche Unterschiede, auch der Qualität, zwischen ihnen bestehen, hinsichtlich der von mir von vornherein aufgestellten sechs Hauptmerkmale darf man sie wol zusammenfassen.

In der Anschaffung sind sie verhältnissmässig die theuersten; in der Oekonomie des Betriebes, im Kohlenverbrauch nehmen sie den ersten Rang ein und können, da sie durch Schwungrad stark expandiren, mit kleinem schädlichen Raum auskommen.

Ihr Einfluss auf die Bewegung der Pumpen ist ein günstiger, da vermöge der Kurbel dieselbe an den Wechseln zu Null wird, ihr Maximum allmälig erreicht und wieder verlässt. Ihre Führung ist eine bequeme, wenigstens wenn der Dampf durch Ventile gesteuert wird, da man diese leicht von der Maschinenbewegung unabhängig bewegbar machen kann; bei Schiebersteuerung bietet sie die oben erwähnten Schwierigkeiten des Anlassens. Der Anforderung, je nach Bedürfniss schnell oder langsam arbeiten zu können, genügt sie nur innerhalb enger Grenzen. Nach oben ist auch ihr die Grenze nur durch Pumpen und Gestänge geboten, nach unten aber gilt von ihr das bei den Nichtgestänge-Maschinen mit Rotation Gesagte: will man sehr langsam arbeiten, muss das Schwungrad unverhältnissmässig schwer sein, damit wachsen Reibung und Kohlenverbrauch, ebenso wenn man, um langsam treiben zu können, die Expansion aufgiebt, den Hauptvorzug dieser Maschinen, und doch erreicht sie nie die Fähigkeit, die Geschwindigkeit zu wechseln, in annähernd solchem Grade, wie ihn die Cornwall-Maschine hat.

Die Betriebssicherheit dieser Maschinengattung ist wegen der Hubbegrenzung durch die Kurbel eine bessere als bei den Cornwall-Maschinen; dagegen hindert sie nichts, bei plötzlicher Entlastung sofort durchzubrennen.

Ich möchte Sie nun noch mit zwei neueren Constructionen bekannt machen.

Die erste ist die Differential-Pumpmaschine von Hawthorn, Davis & Davey in Leeds.

Es ist, genau betrachtet, eine Cornwall-Maschine mit einer neuen Steuerung, die sich mit ihren Vorzügen auch auf alle anderen Maschinen ohne Rotation also als Nichtgestängemaschinen, liegende mit Kunstkreuz u. s. w. mit Erfolg hat anwenden lassen. Wie bei der Cornwall-Maschine geschieht die Umsteuerung durch Katarakt, und durch die Anwendung des letzteren auf die Nichtgestängemaschinen ohne Rotation giebt sie diesen die werthvolle Eigenschaft der Hubpausen, sie ist mithin für grosse Variation der Geschwindigkeit geeignet.

Die Führung der Maschine ist bequem, da man ihr in jeder Stellung Dampf geben kann, denn der von den Bewegungen der übrigen Maschine unabhängige Katarakt- und Steuermechanismus gestattet die Führung von Hand. Die Sicherheit des Betriebes ist bei unterirdischer Aufstellung in dieser Beziehung ebenso gering wie bei den anderen Maschinen ohne Gestänge; dagegen bietet diese Maschine gegen Durchgehen bei plötzlicher Entlastung eine grosse Sicherheit. Die Bewegungen eines Kataraktes werden im Allgemeinen dadurch regulirt, dass die Grösse der Oeffnung, durch welche der Kataraktkolben eine Flüssigkeit (Wasser, Glycerin u. dgl.) aus einem übrigens geschlossenen Raume herauspresst, veränderlich ist. Hier ist nun durch einen sehr sinnreichen Mechanismus die Verbindung zwischen Katarakt und Steuerung derart, dass mit zunehmender Geschwindigkeit der Maschine der Katarakt den Dampfzutritt drosselt, er wirkt wie ein Regulator, die Maschine kann nicht durchgehen.

Auch verhältnissmässig billig in der Anlage sind diese Maschinen, da sie keines Schwungrades mit Welle, Kurbel und Pleuelstange bedürfen. Die Bewegung der Pumpen ist auch günstiger als bei den Nichtgestänge-Maschinen ohne Rotation, wenigstens bei langsamem Gange, da eben Hubpausen möglich sind; bei schnellem Gange sind sie im Nachtheil gegen die Rotationsmaschinen, weil sie nicht den allmäligen Uebergang von Null zum Geschwindigkeits-Maximum und zurück haben.

Im Hauptpunkte, im Kohlenverbrauch, sind sie trotz aller Anpreisungen nicht viel besser als die übrigen

Maschinen ohne Rotation, sie können eben nicht expandiren ohne Anwendung von Schwungmassen.

Die neueste Construction von Bedeutung ist die Kley'sche Maschine mit Hilfsrotation und Hubpausen, sie ist eine Gestängemaschine mit Rotation, also mit Schwungrad, bei welcher die Umsteuerung jedoch durch einen Katarakt geschieht wie bei den Cornwall- und Davey-Maschinen. Durch diese Combination vereinigt sie die Vorzüge sämmtlicher Systeme, ohne einen Fehler derselben zu haben.

Das Schwungrad gestattet die Anwendung starker Expansion, wodurch ein geringer Kohlenverbrauch gesichert, die Maschine mit den besten Systemen von Rotationsmaschinen in eine Reihe gestellt ist; die Kurbel begrenzt den Hub auf sanfte Weise und giebt den Pumpenkolben die oben erwähnte günstige Bewegung.

Die Kataraktsteuerung befähigt die Maschine, jede beliebig geringe Hubzahl pro Minute bis zu einer in der Minute herunter zu machen, verleiht ihr also die Vorzüge der Cornwall-Maschinen; dabei wird die geringe Hubzahl nicht wie sonst bei Rotationsmaschinen durch Verringerung der Kolbengeschwindigkeit während des Hubes, sondern durch die Dauer der Ruhepausen zwischen den Hüben erreicht.

Das Schwungrad kann deswegen viel leichter sein, da die Fähigkeit, wenig Touren zu machen, nicht mehr von dessen Energie abhängt. Die Maschine arbeitet mithin ökonomischer bezüglich des Brennmaterialverbrauches und kostet weniger als eine rotirende von sonst gleichen Verhältnissen. Die Maschine kann aber auch mit der grössten von Pumpe und Gestänge begrenzten Geschwindigkeit arbeiten, und zwar infolge geringerer Schwungmassen leichter als eine rotirende Maschine gewöhnlicher Construction. Dass die Kley'sche Maschine theurer ist als eine Nichtgestänge-Maschine oder eine Cornwall-Maschine gleicher Leistung, ist natürlich, dagegen ist sie, wie oben ausgeführt, billiger als eine entsprechende Gestängemaschine mit Rotation.

Bezüglich der Oekonomie des Betriebes ist sie, wie schon gesagt, allen anderen Systemen überlegen.

Die Führung der Maschine ist eine ausserordentlich bequeme, jedes Ventil hat seinen besonderen Handhebel, und es kann der Maschinist sie in jeder Stellung anlassen und stillstellen, vorwärts und rückwärts gehen lassen. Ich habe solchem Manöver bei einer Kley'schen Maschine zugesehen, es war als ob der Maschinist die Register einer Orgel zog, so spielte er mit den Handhebeln bezw. mit der Maschine.

Ueber den Einfluss auf die Pumpenbewegung und die Fähigkeit, die Geschwindigkeit zu wechseln, habe ich schon gesprochen, es bliebe nur noch die Sicherheit des Betriebes zu erwägen. Hierin ist die Kley'sche Maschine allen anderen überlegen; denn bei einem normalen Gange begrenzt die Kurbel ihren Hub, und bei plötzlicher Entlastung hat sie ähnlich der Davey'schen Maschine die vorzügliche Eigenschaft sich selbst still zu stellen, sie bietet mithin eine ausserordentliche Sicherheit des Betriebes.

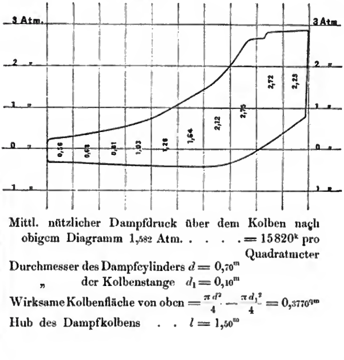
Das Spiel der Maschine ist folgendes: Das durch den Katarakt geöffnete Einlassventil giebt dem Kolben den für einen Hub erforderlichen Dampf. Der Schluss des Ventils geschieht durch einen an dem vom Balancier bewegten Steuerbaum befestigten stellbaren Daumen, wodurch jeder beliebige Füllungsgrad erreicht werden kann. Am Ende des Hubes, kurz vor dem todten Punkt, öffnet der Steuerbaum das Dampfeinströmungsventil oben und der Niedergang beginnt. Das Schliessen dieses Ventils geschieht durch einen zweiten verstellbaren Daumen des Steuerbaums und kurz vor oder hinter dem todten Punkte bleibt die Maschine stehen; es tritt eine Pause ein, bis der sinkende Katarakt von Neuem das Einlassventil für den Hub öffnet.

Blieb die Kurbel vor dem todten Punkte stehen, so geht das Schwungrad bei dem neuen Hub rückwärts, die Bewegung wird reversirend. Der Maschinenführer hat es durch geringe Aenderung der Dampfzuströmung ganz in der Gewalt, die eine oder die andere Bewegung herbei zu führen. Mit steigender Zahl der Hübe verringert sich die Dauer der Ruhepausen. Sobald dieselbe gleich Null wird, arbeitet die Maschine wie jede andere Rotationsmaschine; man kann dann den Katarakt abhängen und dessen Wirkung durch einen Daumen auf dem Steuerbaum ersetzen. Da der Katarakt indess der Maschine die Fähigkeit verleiht, sich selbst still zu stellen, sobald ein Bruch im Schachte vorkommt, so ist es vortheilhaft, auch beim schnellsten Gange den Katarakt mitarbeiten zu lassen.

Von der vorzüglichen Ausnutzung des Dampfes geben die nachstehend gezeichneten Indicatordiagramme Zeugniss, genommen von einer 100pferdigen Kley'schen Wasserhaltungsmaschine auf Grube Dieckenbusch bei einer Leistung von nur 37 Pferdest., gemessen an den Pumpen.

Fig. 1

Ueber dem Dampfkolben.




Mittl. nützlicher Dampfdruck über dem Kolben nach obigem Diagramm 1,582 Atm. . . . . . = 15820[k] pro Quadratmeter

Durchmesser des Dampfcylinders $d = 0{,}70^m$

" der Kolbenstange $d_1 = 0{,}10^m$

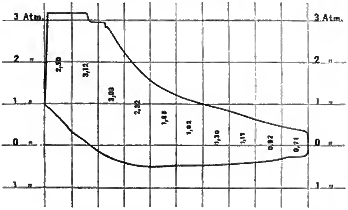
Wirksame Kolbenfläche von oben $= \frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} = 0{,}3770^{qm}$

Hub des Dampfkolbens . . $l = 1{,}50^m$

Indicirte nützliche Dampfarbeit über dem Kolben bei einer Umdrehung 15 820 . 0,377 . 1,5 = 8946,71$^{mk}$

Dampfverbrauch bei einem Niedergange des Dampfkolbens 0,377 . 1,50 . 0,72 . . = 0,407$^{k}$

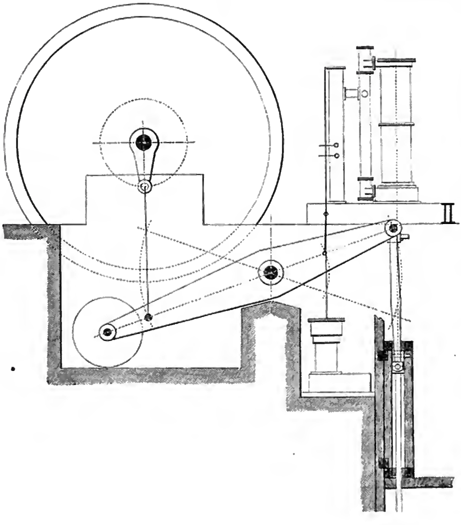
Fig. 2
Unter dem Dampfkolben.




Mittl. nützlicher Dampfdruck unter dem Kolben nach obigem Diagramm 1,866 Atm. . . . = 18 660$^{k}$ pro Quadratmeter

Wirksame Kolbenfläche von unten $\frac{\pi d^2}{4}$ . = 0,3848$^{qm}$

Fig. 3




Indicirte nützliche Dampfarbeit unter dem Kolben bei einer Umdrehung 18 660 . 0,3848 . 1,5 = 10 770,55$^{mk}$

Dampfverbrauch bei einem Hub des Kolbens 0,3848 . 1,5 . 0,80 . . . . . . = 0,462$^{k}$

Gesammte vom Dampfe verrichtete indicirte nützliche Arbeit bei einer Umdrehung 8946,71 + 10770,55 . . . . . = 19 716,76$^{mk}$

Dampfverbrauch bei einer Umdrehung des Schwungrades 0,407 + 0,462 . . . = 0,869$^{k}$

Schachtpumpe

| | |
|---|---|
| Durchmesser des Plungers . . . . . . | 0,432$^{m}$ |
| Querschnitt " " . . . . . . | 0,1465$^{qm}$ |
| Hub " " . . . . . . | 1,50$^{m}$ |
| Volumen " " . . . . . . | 0,21975$^{cbm}$ |
| Druck- und Saughöhe zusammen . . . | 84,3$^{m}$ |
| Druck auf den Plunger . . . . . . . | 12 350$^{k}$ |
| Nutzleistung der Schachtpumpe pro Hub $\frac{12350 . 1,5}{60 . 75}$ | = 4,117 Pfdst. |
| Dampfverbrauch pro Stunde und Pferd nach dem Diagramm am Ende des Hubes berechnet $\frac{0,869 . 60}{4,111}$ . . . . . . | = 12,65$^{k}$ |
| Kohlenverbrauch pro Stunde und Pferd bei 9,02 Umdrehungen pro Minute aus dem Gesammtverbrauch eines Monats berechnet . . . | 3,36$^{k}$ |

Ist die Arbeit im Verhältniss zur Leistungsfähigkeit der Maschine sehr gering, so kann man die auf doppelte Wirkung gebauten Maschinen ohne Umstände als einfach wirkende arbeiten lassen, indem man das untere Ausblaseventil entfernt und das untere Einlassventil ausser Verbindung mit der Steuerachse bringt. Der Dampf wirkt dann nur oben, und da die Pause unten eintritt, so hält der Abdampf den Cylinder warm, bevor er ins Freie tritt.

Die Kley'sche Steuerung lässt sich an bereits bestehenden Maschinen leicht anbringen und verleiht ihnen dadurch die Vorzüge des Systems. Bei Cornwall-Maschinen charakterisirt sich die dadurch nothwendige Aenderung im Wesentlichen als eine Vervollständigung durch Hinzukommen der Welle mit Kurbel und Zugstange, Schwungrad u. s. w. Bei Schwungradmaschinen dagegen sind diese Theile schon vorhanden und es

## Ballauf: Pneumatische Dampframme mit Präcisionssteuerung.

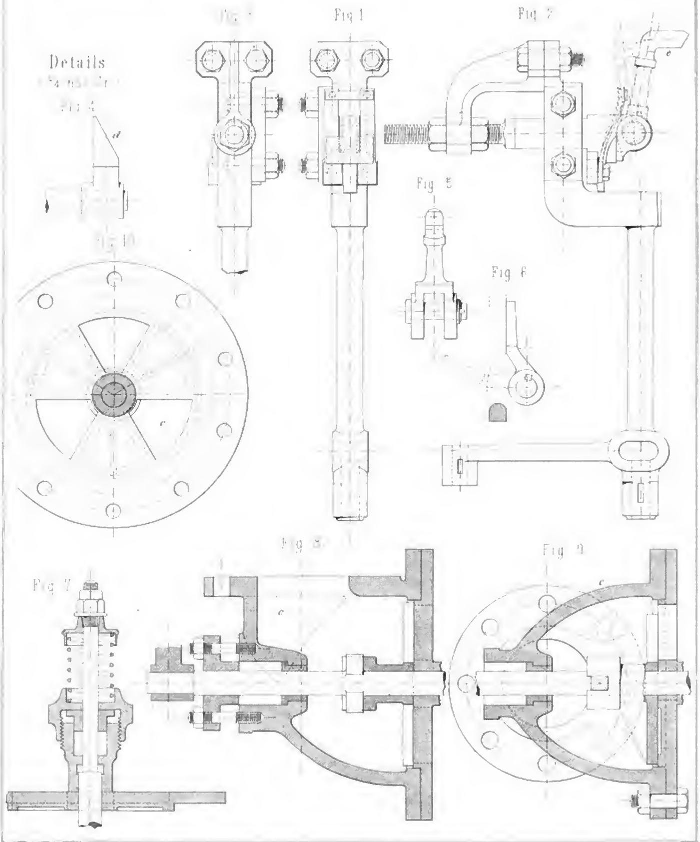
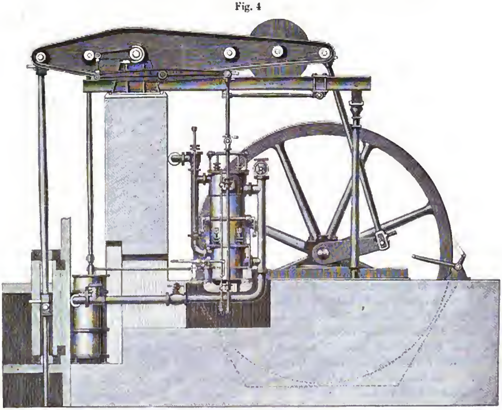


Fig. 4



handelt sich da hauptsächlich um eine Aenderung der Steuerung.

Die obigen Skizzen, Fig. 3 und 4, stellen eine Kley'sche Maschine in normaler Anordnung und eine nach Kley's System umgebaute doppelt und direct wirkende (Cornwall-) Maschine dar.

# Pneumatische Dampframme mit Präcisionssteuerung.

**Von Ballauf.**

(Hierzu Tafel XV und Blatt 17.)

Der constructiven Ausführung der Idee, bei einer Dampframme die Wirkung von Luft-Compressionsdruck zu verwenden, ist eine sogenannte Nasmyth-Ramme zu Grunde gelegt worden, und es besteht daher die neue Ramme aus einer Nasmyth-Ramme und aus folgenden, an dieser angebrachten Theilen bezw. mit derselben vorgenommenen Veränderungen: Einem kastenförmig ausgebauten Cylinderdeckel *a* an Stelle des bei der Nasmyth-Ramme gewöhnlichen Cylinderdeckels, mit einem daran befindlichen Schieberkasten *b* und den zu dem Schieber gehörigen und mit der Schieberstange der Nasmyth-Ramme in Verbindung stehenden Theilen; ferner einem Schieberkasten *c* mit Drehschieber und auf der Achse des Schiebers ein Steuerungsknaggen *d*. Dieser Knaggen ist in Fig. 2, Taf. XV, punktirt in der höchsten Stellung angegeben, welche derselbe erreicht, bevor die Klinke *e* ihn verlässt; sodann den mit der Achse des Schiebers in Verbindung stehenden Federn *f* und *g* (letztere weniger wichtig), der Steuerungsklinke *e* und den mit dieser in unmittelbarer Verbindung stehenden beiden Hebeln *h* und *i* sowie der Zugstange *k*; weiter der veränderten Leitbahn *lmno* an dem Rammbär für den Knaggen *p* des Hebels *q* (die frühere Bahn war gebildet durch die Strecke *αβno* bezw. durch die Strecke *αβ* und deren Verlängerung bis zur Kante *r* des in dem Rammbär befindlichen Schlitzes) und endlich aus der an der Nasmyth-Ramme mit dem Theile *s* des Cylinders vorgenommenen Veränderung, bestehend darin, dass die in diesem Ringstücke befindlichen Oeffnungen, durch welche der Raum über dem Kolben mit der Atmosphäre communicirt, geschlossen worden sind.

Wirkungsweise der Nasmyth-Dampframme. Zur Vergegenwärtigung der Construction einer Nasmyth-Dampframme möge deren Wirkungsweise hier kurz beschrieben sein.

Beim Aufwärtsgange des Bärs (Hammers) stösst derselbe mit der Leitbahn *αβ* (und deren Verlängerung bis zur Kante *r*) unter den Knaggen *p* und bringt den zweiarmigen Hebel *q* in die in Fig. 2 punktirt angedeutete Stellung, wobei der Schieber herunter gedrückt und der Dampfeinströmcanal des Cylinders mit dem Dampfausströmcanale *t* (vgl. Fig. 3 bis 5 und Fig. 1) in

Verbindung gebracht wird. Hat der Schieber diejenige Stellung erreicht, welche der punktirten Lage des Hebels *q* entspricht, so wird er in derselben durch eine Sperrklinke *u* gehalten, und zwar so lange, bis der Bär, nachdem er seinen Hub nach oben vollendet hat, unten wieder ankommt. Die Klinke *u* muss etwas höher stehend als die Nase an der Schieberstange sich befinden, sobald der Bär die höchste Stellung erreicht. Je kleiner die Entfernung beider von einander gehalten wird, um so grösser wird der Canal für die Dampfausströmung während des Fallens des Bärs geöffnet sein.

Sobald der Kolben unten ankommt und das Aufschlagen des Bärs auf den zu rammenden Pfahl erfolgt, wird durch das Nachschlagen eines an dem Bär befestigten ungleicharmigen Hebels *v* eine Bewegung hervorgerufen, diese auf einen Lenker *w* übertragen und im weiteren Verlaufe derselben die Sperrklinke *u* ausser Eingriff mit der an der Schieberstange befindlichen Nase gebracht. Mit dem Dampfvertheilungsschieber in Verbindung steht ein Kolben, auf welchen Dampf ununterbrochen wirkt und welcher das stete Bestreben äussert, den Schieber in die Endstellung (höchste Stellung) zu bringen. In diese begiebt sich derselbe nunmehr, da die Klinke *u* mit der Schieberstange ausser Eingriff gekommen ist, und es wiederholt sich der Vorgang des Rammens in der beschriebenen Weise.

Für den Fall, dass die Sperrklinke nicht selbstthätig ausser Eingriff kommt, wird das Ausrücken durch den zweiarmigen Handhebel *x* und durch eine Leine von Hand bewirkt.

Die Ramme ist für einen Hub des Bärs von 900$^{mm}$ construirt (die der Construction zu Grunde liegende und in der Wirklichkeit ausgeführte Ramme lässt einen grösseren Hub zu), ihrem Dampfeintrittscanale ist durch den Schieber eine grösste (Anfangs-) Oeffnung von 10$^{mm}$ und dem Schieber ein Hub von 40$^{mm}$ gegeben, bei einem Wege des Hebels *q* von 45$^{mm}$, in der Axe der Schieberstange gemessen. Bei einer Lage $\alpha\beta$ der (verlängert gedachten) Leitbahn würden bezüglich der Dampfvertheilung folgende Werthe für die Ramme sich ergeben:

| | | |
|---|---|---|
| Bei 0,644 | des Kolbenweges: | Beginn der Verengung des Schiebers. |
| „ 0,710 | „ „ | Eintritt der Expansion. |
| „ 0,744 | „ „ | Beginn der Dampfausströmung. |
| „ 0,933 | „ „ | Grösste Oeffnung des Canals für die Dampfausströmung. |

Ueber die Ausnutzung des Dampfes bei einer Nasmyth-Ramme. Das Gewicht des Bärs und seines Zubehörs, vertheilt auf die nutzwirkende Kolbenfläche, beträgt (abgerundet) 2$^{k}$ auf den Quadratcentimeter und darunter. Die Ueberdruckspannung, welche dem Kesseldampfe gegeben werden muss, um bei gleichzeitigem Entweichen des wirkenden Dampfes den Bär zur Vollendung seines Hubes zu zwingen, bezw. den Dampfcanal für die Ausströmung des Dampfes zu der erforderlichen grössten Oeffnung zu bringen, beträgt 5 Atm. Hieraus ist ersichtlich, dass bei einer Nasmyth-Ramme der Dampf nicht voll ausgenutzt wird.

Anwendung von Luft-Compressionsdruck bei einer Nasmyth-Ramme und Gründe dafür. Anstatt die Leistung beizubehalten, welche bis jetzt mit einer Nasmyth-Ramme erzielt werden kann, und den Dampfverbrauch durch Anbringen einer geeigneten Vorrichtung ökonomischer zu gestalten, soll bei der neuen Construction der Dampfverbrauch in derselben Grösse belassen und der Ueberdruck desselben zum Comprimiren von Luft über dem Kolben, und somit zur Erhöhung der Leistung der Ramme verwendet werden.

Es stellt sich hierbei die Anforderung, das Entweichen des Dampfes zu verzögern, so lange bis der Bär seinen Hub vollendet, und der Dampf zur Abgabe seiner gesammten Arbeit gelangt ist. Es geschieht dies mit Hilfe einer Präcisionssteuerung, welche vor dem Dampfausströmcanale angebracht wird.

Es ist leicht ersichtlich, dass die zweite Methode der ersteren bei weitem vorzuziehen ist, da der Bär infolge des Ueberdruckes eine grössere Beschleunigung erfährt, welche wiederum eine grössere Endgeschwindigkeit desselben hervorruft, und die Geschwindigkeitshöhe, als das Mass für die Wirkung einer Ramme, dem Quadrate der Endgeschwindigkeit des Bärs proportional ist. Diese Wirkung dürfte dadurch etwas gemindert werden, dass sich dem Kolben dieser Ramme beim Beginn des Niederganges des Bärs ein höherer Gegendruck als der einer Nasmyth-Ramme entgegen stellt; jedoch kann dieser Verlust an Arbeitsleistung gegenüber der letzteren Ramme nur gering sein und die Wirkung der Ramme nur unbedeutend beeinträchtigen, da auch bei der Nasmyth-Ramme ein nicht unbeträchtlicher Gegendruck von etwa 3 Atm. absolut stattfindet, und ausserdem, weil in dem Augenblicke des Niederganges des Bärs die Canäle für die Dampfentweichung in voller Eröffnung sich befinden.

Erwähnter Verlust wird um so geringer sein, je früher der Eintritt der Compression erfolgt, je grösser somit das Compressionsvolumen am Ende des Kolbenweges ist. Durch diesen frühen Eintritt der Compression wird ausserdem noch die Gefahr vermieden, dass das Gehäuse des Rammbärs und der Dampfcylinder infolge zu schnell stattfindender Zerstörung der lebendigen Kraft des Bärs, etwa in eine auf- und abgehende Bewegung gerathen. (Der Dampfcylinder und das Rammbärgehäuse wiegen zusammen etwa 1800$^{k}$.)

Wirkungsweise einer pneumatischen Dampframme. Während des Aufwärtsganges des Bärs wird der Schieber *b*, welcher einstweilen das Entweichen von Luft über dem Kolben gestattet, vermöge der Leitbahn *lm* und dem die Bewegung auf andere Theile übertragenden Hebel *q* geschlossen und es beginnt die Compression. Der Dampfeinströmcanal hat sich etwas verengt, ist jedoch für das weitere Heben des Bärs noch genügend offen. Im weiteren Verlaufe wird durch die Leitbahn *no* das vollständige Schliessen des Dampfvertheilungsschiebers und das Einstellen desselben für die Entweichung des Dampfes sowie gleichzeitig, und zwar bevor der Dampf zu entweichen beginnt, das

vollständige Schliessen des Drehschiebers $c$ bewirkt; letzterer Vorgang erfolgt in der Weise, dass von dem Hebel $q$ die Bewegung auf die Hebel $i$ und $h$ und von diesen auf die Klinke $e$ und den Knaggen $d$ übertragen wird.

Sobald der Kolben die höchste Stelle erreicht, verlässt die Klinke den Knaggen, und die in gespanntem Zustande sich befindende Feder $f$ bringt vermittelst des Drehschiebers mit Energie den Ausströmcanal zur vollen Eröffnung. Die Feder $g$ hat den Zweck, als Polster für das Anschlagen des in schneller Bewegung sich befindenden Schiebers zu dienen. Der Bär begiebt sich nunmehr nach unten, während der Hebel $q$ und die übrigen Theile in ihrer zuletzt eingenommenen Stellung verharren, bis der Bär unten aufschlägt, die Klinke $u$ mit der Schieberstange ausser Eingriff kommt und durch den Kolben $z$ der Schieber $b$, sowie der Hebel $q$ und die mit diesem in Verbindung stehenden Theile in ihre ursprüngliche Lage gebracht werden. Die Klinke $e$ weicht hierbei dem Knaggen $d$ aus und wird, sobald sie letzteren passirt hat, durch eine Feder in ihre Anfangsstellung zurückgebracht.

Der Klinke und dem Knaggen ist eine Abschrägung gegeben worden, und erstere ist in der zur Bewegungsrichtung der Klinke normalen Richtung verschiebbar gemacht, Fig. 2, wodurch leicht eine Regulirung des Compressionsdruckes erfolgen kann.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Ramme besteht noch darin, dass der Schieber $b$ zum leichten Abheben von der Schiebergleitfläche eingerichtet ist, was den Zweck hat, während derjenigen Periode der Abwärtsbewegung des Kolbens, während welcher ein Compressionsdruck über dem Kolben nicht mehr vorhanden ist, Luft in den Raum über dem Kolben treten zu lassen. Bemerkt muss hierbei werden, dass eine Ermangelung dieses Luftzutrittes die Wirkung der Ramme in einem nur geringen Grade schwächen würde.

Der pneumatischen Ramme ist ein Hub von $1000^{mm}$ gegeben worden, bei $50^{mm}$ Hub des Schiebers, entsprechend einem Wege von $55^{mm}$ des Hebels $y$ und bei $20^{mm}$ grösster (Anfangs-) Oeffnung des Dampfeintrittscanals. Bezüglich der Dampfvertheilung ergeben sich folgende Werthe:

Bei 0,400 des Kolbenweges: Beginn der Canalverengung;
„ 0,500 „ „ Eintritt der Compression;
„ 0,750 „ „ Eintritt der Expansion;
„ 0,775 „ „ Beginn der Dampfausströmung (der Drehschieber ist geschlossen und steht auf $5^{mm}$ Deckung);
bei 0,900 des Kolbenweges: grösste Oeffnung des Canals für die Dampfausströmung.

Würde man der Leitbahn eine andere Neigung geben, so könnten die Werthe nach Erforderniss geändert werden.

**Berechnung der Wirkung einer pneumatischen Ramme.** Es bezeichne:

$F_0$ die nutzwirkende untere Kolbenfläche in Quadratcentimeter;
$F$ desgl. die obere Kolbenfläche;
$G$ das Gewicht des Rammbärs und seines Zubehörs (das Fallgewicht) in Kilogramm;
$h$ den Hub des Kolbens (Fallhöhe des Bärs) in Meter;
$H$ die aus dem Compressionsdrucke resultirende Geschwindigkeitshöhe des Bärs;
$s$ die Höhe des Compressionsvolumens, reducirt auf eine Grundfläche $F$;
$L$ die lebendige Kraft des Bärs beim Eintritt der Compression, in Meterkilogramm;
$L_0$ die der Geschwindigkeitshöhe $H$ entsprechende lebendige Kraft des Bärs;
$L_1$ die lebendige Kraft des Bärs am Ende der Fallhöhe $h$;
$\varepsilon$ das Expansionsverhältniss;
$\alpha$ den Dampfdruck in Atmosphären absolut unter dem Kolben während der Volldruckperiode;
$\delta$ das Verhältniss des Kolbenweges zum Kolbenhube für die Compression.

1) **Berechnung der Endgeschwindigkeit des Bärs beim Fallen desselben.** Es bezeichne:

$P$ die Kraft in Kilogramm, welche während der Periode der Compression im Mittel auf den Bär wirkt;
$p$ die durch Einwirken von $P$ hervorgerufene Beschleunigung in Meter pro Secunde;
$\sigma = (1-\delta)\,h$ den Weg des Bärs während der Compression;
$v_0'$ die der Beschleunigung $p$ entsprechende Geschwindigkeit in Meter pro Secunde (Zuwachs der Geschwindigkeit am Ende des Weges $\sigma$);
$v_0''$ die durch den freien Fall des Körpers am Ende des Weges $\sigma$ hervorgerufene Geschwindigkeit in Meter pro Secunde;
$v_0 = v_0' + v_0''$ die Endgeschwindigkeit des Bärs nach dem Zurücklegen des Weges $\sigma$;
$v$ die Endgeschwindigkeit des Bärs infolge der Einwirkung von $P$;
$t$ die Anzahl Secunden, welche erforderlich sind, um unter der Einwirkung von $P$ den Weg $h$ (die Fallhöhe des Bärs) zurückzulegen;
$g = 9{,}81^m$ die Beschleunigung der Schwerkraft.

Es ist alsdann:

$$P = \left[\frac{(1-\delta)\,h + s}{s} - 1\right]\frac{F}{2} = \frac{(1-\delta)\,h\,F}{2\,s}$$

der dem Wege $\sigma$ entsprechende Nutzdruck auf die obere Kolbenfläche.

Ferner
$$p = \frac{P}{G}\,g$$
und
$$\sigma = \frac{v_0'^2}{2p},$$
daher
$$v_0' = \sqrt{2\frac{P\,g\,\sigma}{G}}$$
und
$$v_0'' = \sqrt{2\,\sigma\,g}.$$

Für die Berechnung von $t$ hat man:
$$h = \sigma + v_0\,t + \frac{g\,t^2}{2}.$$

Die Endgeschwindigkeit $v$ ergiebt sich schliesslich aus der Formel:
$$v = v_0 + g\,t.$$

2) **Berechnung der Arbeitsleistung (lebendigen Kraft) des Bärs.** Dieselbe ist gleich $GH$; in diesem Ausdrucke ist

$$H = \frac{v^2}{2g}.$$

3) **Berechnung der Höhe des Compressionsvolumens.** Es geschehe diese Berechnung unter der Annahme, dass ein Uebertragen von lebendiger Kraft auf das Bärgehäuse nur in einem geringen und nicht in Betracht zu ziehenden Masse erfolge, was in Wirklichkeit auch der Fall sein wird. Sowie ferner unter (vorläufiger) Nichtberücksichtigung des Umstandes, dass während der Compression ein Erwärmen von Luft stattfindet.

Es gilt alsdann folgende Beziehung:

$$s\,\alpha F_0 + \frac{L}{(1-\delta)h} - (G + F_0 \cdot 1) = \left[\frac{(1-\delta)h + s}{s}\right] F - F \cdot 1.$$

Hieraus ergiebt sich:

$$s = \frac{(1-\delta)h F}{(s\,\alpha - 1) F_0 + \frac{L}{(1-\delta)h} - G}.$$

4) **Berechnung der Zunahme von $s$ infolge der Erwärmung der Luft während der Compression.** Die genaue Durchführung der Rechnung ergiebt zu unbequeme Formeln und hat für die Praxis keinen Werth.

Angenähert berechnet sich die Vergrösserung von $s$ aus dem mechanischen Wärmeäquivalent $\frac{1}{A} = 424^{mk}$, indem die während der Compression geleistete Arbeit mit dem Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit multiplicirt und das Product gleich der Wärmezunahme desjenigen Luftquantums gesetzt wird, welches der Grösse $s$ entspricht.

5) **Berechnung von $L$.** Aus verschiedenen, in der Praxis gemachten Beobachtungen ergiebt sich bei einer Nasmyth-Ramme für den Auf- und Niedergang des Rammbärs die mittlere Geschwindigkeit von $1{,}2^{m}$ pro Secunde.

Da der Hub des Bärs gewöhnlich gegeben ist, so lässt sich leicht die Geschwindigkeit berechnen, welche zum Heben des Bärs während der Volldruckperiode erforderlich ist.

Für die Construction der zu Grunde liegenden Ramme berechnet sich dieselbe mit

$$V = 1{,}11^{m} \text{ pro Secunde}$$

daher:

$$L = \frac{G \cdot (1{,}11)^2}{2g}.$$

---

# Vermischtes.

## Heizkörper-Ummantelung für Centralheizungen.

Von H. Rösicke in Berlin.

D. R.-P. No. 3600.

(Hierzu Fig. 3 bis 5, Tafel XII.)

Die nachstehend beschriebene Ummantelung ist auf Taf. XII in Fig. 3 in der Seitenansicht, in Fig. 4 im Längsschnitt und in Fig. 5 im Horizontalschnitt $\alpha\beta\gamma\delta$ dargestellt. Der Raum, welchen sie einschliesst, ist durch eine Wand $a$ in zwei Kammern $b$ und $c$ getheilt, von denen die erstere den Heizkörper $d$, in dem speciellen Fall ein Rippenregister, aufnimmt. Der dreiseitige, sich an eine Zimmerwand anlehnende Mantel ist oben offen und bis auf die Oeffnung $e$ an der Vorderseite unten geschlossen; $f$ ist der für einen bestimmten Ventilationsgrad berechnete verticale Canal in der Zimmerwand, welcher frische Luft zuführt.

Die Klappe $g$, Circulationsklappe genannt, in Breite des Mantels, welche, wie gezeichnet, augenblicklich die Oeffnung $e$ schliesst, schliesst durch Drehung ihres ausserhalb des Mantels liegenden Hebels $g_1$ um $o$ nach rechts den Luftzuführungscanal $f$ und öffnet die Oeffnung $e$. Der obere Raum des Mantels ist durch ein Blech $i$ verengt. Oben auf der Wand $a$ befindet sich eine Klappe $h$, Mischklappe genannt, in ganzer Mantelbreite, um $o_1$ durch Drehung des Hebels $h_1$ mit Stellvorrichtung drehbar, wodurch einmal die Kammer $b$, das andere Mal die Kammer $c$ geschlossen werden kann; in lothrechter Lage der Klappe sind beide Kammern geöffnet.

Die Anwendung dieser Ummantelung ist hauptsächlich für die Register der Centralheizungen nothwendig, bei welchen

1) die Heizkörper nicht der Aussentemperatur entsprechend geheizt werden können, wie z. B. für Dampfheizung, und bei welchen ausserdem eine constante Ventilation bedingt und

2) die möglichste Ersparniss an Brennmaterial bei bequemer und billiger Bedienung erzielt werden soll.

Wie gezeichnet, arbeitet der Heizkörper mit constanter Ventilation; die ganze frei werdende Wärme geht mit der frischen Luft in das Zimmer. Die Heizfläche des Heizkörpers ist für die grösste Kälte berechnet, erzeugt an wärmeren Heiztagen demnach zu viel Wärme, da Dampf wenigstens eine Temperatur von 100° C. besitzt, so dass eine Reduction der in das Zimmer gelangenden Wärme erforderlich ist. Diese Reduction erfolgt durch Drehung des Hebels $h_1$ von $W$ (warm) in der Richtung nach $K$ (kalt) hin; der Austritt der warmen Luft aus der Kammer $b$ wird verringert und zu gleicher Zeit der Austritt frischer Luft aus der Kammer $c$ ermöglicht, beide gemischt treten mit geringerer Temperatur in das Zimmer, ohne den Ventilationsgrad zu verändern.

Beim Anheizen des Zimmers Morgens und beim Heizen zu einer Zeit, wo Ventilation nicht gefordert ist, wird der Hebel $g_1$ von $V$ (Ventilation) nach $C$ (Circulation) umgelegt, der Eintritt frischer Luft ist unterbrochen, die Zimmerluft circulirt mit der Kammer $b$. Je nach Bedarf ist auch in diesem Falle die Temperatur der Zimmerluft zu reguliren, durch Handhabung des Hebels $h_1$. Die Dampfabsperrventile bleiben stets geöffnet.

---

## Ein Beitrag zur Theorie des Watt'schen Parallelogramms.

Von Dr. P. Wiecke in Cassel.

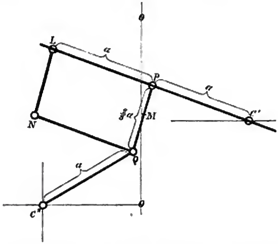
1) Es stelle in Fig. 1 der Punkt $C'$ die Schwingungsaxe eines Balanciers, die Gerade $C'PTL$ dessen Mittellinie, in welcher die Aufhängepunkte $P$ und $L$ für die Hängeschienen $PQ$ und $LN$ des Parallelogramms liegen, $C''Q$ endlich den Gegenlenker vor, der um den festen Punkt $C''$ schwingt, so beschreibt, wenn $C''Q = C'P = a$ ist, der Mittelpunkt $M$ der Hängeschiene sehr nahe eine gerade Linie, wenn der Ausschlagswinkel des Balanciers nicht zu gross und der Punkt $C''$ gegen $C'$ so bestimmt ist, dass die höchste, die mittlere und die niedrigste Lage von $M$ auf gerader Linie $O$ sich befinden.

Wir werden im Folgenden annehmen, dass diese Bedingungen erfüllt sind, namentlich in Hinsicht auf den Ausschlag des Balanciers den üblichen Verhältnissen entsprechend voraussetzen, dass die ganze Länge des Balanciers ($4a$) gleich der dreifachen Hubhöhe ($h'$) des Dampfkolbens ist, sowie endlich in weiterer Uebereinstimmung mit den praktischen

Ausführungen die Länge der Hängeschiene $PQ = 2c = \frac{h'}{2}$ setzen.

Für diesen bestimmten Fall soll im Folgenden die Abweichung des Punktes $M$ von jener Geraden $O$ für die verschiedenen Lagen des schwingenden Balanciers, namentlich das Maximum dieser Abweichung berechnet werden.

Fig. 1




2) Drücken wir zunächst sämmtliche Dimensionen als Vielfache der Grösse $a$ aus, so ergiebt sich die

Hubhöhe von $M = h = \frac{h'}{2}$; $3h' = 4a$, $h' = \frac{4a}{3}$, $h = \frac{2a}{3}$,

sowie die Länge der Hängeschiene $2c = \frac{h'}{2} = \frac{2a}{3}$; $c = \frac{a}{3}$.

Danach bestimmen wir die Länge der Geraden $O$. Bezeichnen wir den Ausschlagswinkel des Balanciers gegen seine mittlere Lage $C'T_m$ mit $\varphi$, das Maximum dieses Ausschlags mit $\varphi_0$, so ist nach Fig. 2

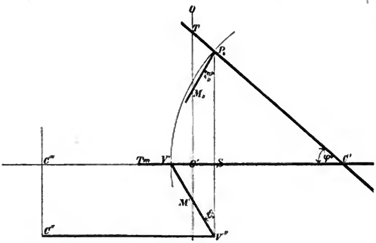
$$\sin\varphi_0 = \frac{P_0 S}{P_0 C'} = \frac{\frac{h}{2}}{a} = \frac{1}{3}; \quad \varphi_0 = 19^0\,28'\,16'';$$

$$SC' = a\cos\varphi_0; \quad V'S = a(1-\cos\varphi_0);$$

$$V'O' = \frac{a}{2}(1-\cos\varphi_0) = 0{,}02859548\,a.$$

Endlich ergiebt sich die Lage für den festen Punkt $C''$ des Gegenlenkers aus dem Umstande, dass die Mitte $M$ der Hängeschiene, wenn der Balancier in der mittleren Lage $C'V''T_m$ sich befindet, auf die Gerade $O$ fallen soll, und weiter dann $C''V''$ wieder $= a$ sein muss. Danach ist

Fig. 2




$$C''C''' = SV'' = \sqrt{V'V''^2 - V'S^2} = 0{,}6642090\,a$$
$$C'C''' = 2a - V'S \qquad = 1{,}9428090\,a.$$

Wir wollen jetzt annehmen, es bilde der Balancier $C'T$ in irgend einem Augenblicke der Schwingung einen Winkel $\varphi$ mit der mittleren Lage $C'T_m$, und wollen für diesen Moment die Lage des Mittelpunktes $M$ der Hängeschiene $PQ$, namentlich dessen Abweichung von der Geraden $O$ berechnen.

Die Berechnung soll auf dem Wege der Annäherung sich entwickeln und wird den Gedankengang verfolgen, dass wir uns für diese Lage des Balanciers das zweite Ende $Q$ der Hängeschiene $PQ$ von dem Ende des Gegenlenkers zunächst abgelöst, die Hängeschiene einmal so gelegt denken, dass ihre Mitte **auf die Gerade** $O$ fällt, und werden diese Lage der Hängeschiene durch Rechnung bestimmen. Danach werden wir die Schiene $PQ$ um den Punkt $P$ uns soweit (um den Winkel $\tau$) gedreht denken, dass das Ende $Q$ wieder auf den Gegenlenker — geometrisch gesprochen: auf den Kreis um $C''$ mit dem Radius $a$ fällt. Bei der geringen Abweichung des Punktes $M$ von der Geraden $O$ wird die letzte Drehung voraussichtlich klein genug sein, dass man für den Zweck der ersten Annäherung hinlänglich genau zweite gegen erste Potenzen der Drehung $\tau$ vernachlässigen kann. Nachträglich wird dann festzustellen sein, in wie weit diese Voraussetzung über die Grösse von $\tau$ zutreffend ist.

3) Zur Bestimmung der Richtung der Hängeschiene $PQ$ führen wir den Winkel $\vartheta$ ein, welchen sie mit der Geraden $PP'$ (Fig. 3) bildet, die durch $P$ ⫲ der Geraden $O$ gezogen ist. Er wird positiv oder negativ genommen, je nachdem die Hängeschiene in die Lage $PQ$ von $PP'$ aus durch eine Drehung nach rechts oder links gebracht wird. Berechnen wir jetzt die Coordinaten des Punktes $Q$ in Bezug auf ein durch $C''$ gezeichnetes rechtwinkliges Axensystem für ein gegebenes $\varphi$ und ein beliebiges $\vartheta$, so ist

$$x = C'C''' - a\cos\varphi - PQ.\sin\vartheta = \left\{1{,}9428\ldots - \cos\varphi - {}^2\!/_3\sin\vartheta\right\}a,$$

$$y = PP' + C''C''' - PQ.\cos\vartheta = \left\{\sin\varphi + 0{,}6642\ldots - {}^2\!/_3\cos\vartheta\right\}a.$$

Wählt man namentlich den Winkel $\vartheta = \vartheta'$ so, dass die Mitte $M$ der Hängeschiene auf die Gerade $O$ fällt,

$$\sin\vartheta' = \frac{O'P'}{\frac{a}{3}} = 3\,(0{,}971404\ldots - \cos\varphi) \text{ wird,}$$

so ergiebt sich für die Lage $PQ'$ der Hängeschiene:

$$x' = (1{,}9428\ldots - \cos\varphi - {}^2\!/_3\sin\vartheta')\,a = a\cos\varphi$$
$$y' = (\sin\varphi + 0{,}6642\ldots - {}^2\!/_3\cos\vartheta')\,a.$$

Wenig verschieden von diesem Winkel $\vartheta'$ wird nach dem unter 2) Bemerkten derjenige Winkel $\vartheta$

$$\vartheta'' \equiv \vartheta' + \tau$$

sein, welchen die Hängeschiene $PQ$ mit $PP'$ bilden muss, damit der Punkt $Q$ auf den um $C''$ mit dem Radius $a$ beschriebenen Kreis fällt. Bezeichnen wir, wie die neue Lage des Punktes $Q$ mit $Q''$, so die neuen Coordinaten mit $x''$ und $y''$ und entwickeln die Glieder mit $\vartheta$ nach aufsteigenden Potenzen von $\tau$, so wird

$$x'' = a\left\{1{,}9428\ldots - \cos\varphi - {}^2\!/_3\sin\vartheta' - {}^2\!/_3\cos\vartheta'\tau + {}^1\!/_3\sin\vartheta'\tau^2\right\},$$

oder nach dem für $x'$ gefundenen Werthe

$$x'' = a\left\{\cos\varphi - {}^2\!/_3\cos\vartheta'\tau + {}^1\!/_3\sin\vartheta'\tau^2\right\}$$

$$y'' = a\left\{\sin\varphi + 0{,}6642\ldots - {}^2\!/_3\cos\vartheta' + {}^2\!/_3\sin\vartheta'\tau + \frac{\cos\vartheta'}{3}\tau^2\right\},$$

wobei der Werth von $\tau$ so zu bestimmen ist, dass

$$x''^2 + y''^2 = a^2$$

wird. Der in $y'$ vorkommende, in $y''$ wiederkehrende Ausdruck

$$0{,}6642\ldots - {}^2\!/_3\cos\vartheta'$$

wird eine verhältnissmässig kleine Grösse, übrigens von negativem Vorzeichen sein. Setzen wir also

$$\frac{\cos\vartheta'}{3} - 0{,}3321\ldots = \lambda,$$

Fig. 3

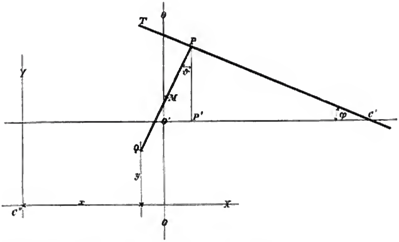
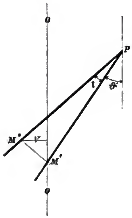



Fig. 4




und entwickeln jetzt die Gleichung $x''^2 + y''^2 = a^2$, indem wir die obigen Werthe einsetzen und nur die ersten Potenzen von $\tau$ beibehalten, so ergiebt sich zur Bestimmung von $\tau$, wenn wir die ganze Gleichung durch $a^2$ dividiren:

$$\cos^2\varphi + \sin^2\varphi - 4\lambda\sin\varphi + 4\lambda^2 -$$
$$- {}^4/_3\,\tau\left\{\cos\varphi\cos\vartheta' - \sin\varphi\sin\vartheta' + 2\lambda\sin\vartheta'\right\} = 1$$
$$\frac{\tau}{3} = -\frac{\lambda(\sin\varphi - \lambda)}{\cos(\varphi+\vartheta') + 2\lambda\sin\vartheta'}.$$

Endlich findet man aus der Drehung $\tau$ die Entfernung $V$ der Schienenmitte von der Geraden $O$ (Fig. 4)

$$V = M'M''\left(\sin 90^0 - \vartheta' - \frac{\tau}{2}\right) = 2c\sin\frac{\tau}{2}\cos\left(\vartheta' + \frac{\tau}{2}\right),$$

und wenn man auch hier nur die erste Potenz von $\tau$ beibehält:

$$V = \frac{a}{3}\cos\vartheta'\tau,$$

sonach, abgesehen vom Vorzeichen:

$$V = \cos\vartheta'\frac{\lambda(\sin\varphi - \lambda)}{\cos(\varphi+\vartheta') + 2\lambda\sin\vartheta'}\,a.$$

Dieser Ausdruck wird für $\varphi = \pm\varphi_0 = 19^0\,28'\ldots$ und für $\varphi = 0$ zu Null, weil für diese Werthe $\lambda = 0$ wird; übrigens verschwindet für $\varphi = 0$ auch der andere Factor des Zählers $(\sin\varphi - \lambda)$.

4) Es soll jetzt der Winkel $\varphi$ bestimmt werden, für welchen der vorstehende Werth der Abweichung $V$ ein **Maximum** wird. Auch hier soll zunächst ein angenäherter Werth für $\varphi$ ermittelt und zu diesem Zweck vorab festgestellt werden, welche Grössen in dem Ausdrucke von $V$ dessen Werth vornehmlich bestimmen.

Zunächst ist, da für $\varphi = 0$ sowol der Factor $\lambda$, als der Factor $(\sin\varphi - \lambda)$ des Zählers sich annullirt, nicht daran zu denken, dass das gesuchte Maximum für ganz kleine Werthe von $\varphi$ sich einstellen werde. Wenn aber $\varphi$ grössere Werthe annimmt, so wird in dem Factor $(\sin\varphi - \lambda)$ das $\lambda$ an dem Werthe von $\sin\varphi$ wenig, und noch weniger $2\lambda\sin\vartheta'$ an dem ersten Gliede des Nenners ändern, der Werth des Bruches der Hauptsache nach durch $\frac{\lambda\sin\varphi}{\cos(\varphi+\vartheta')}$, demnach der Werth der Abweichung $V$ annähernd durch

$$\frac{\lambda\sin\varphi\,.\,a}{\cos\varphi - \sin\varphi\,\mathrm{tg}\,\vartheta'},$$

oder auch schon durch

$$\lambda\,\mathrm{tg}\,\varphi\,.\,a$$

ausgedrückt werden.

Den Werth von $\varphi$ zu berechnen, welcher die Function

$$W \equiv \lambda\,\mathrm{tg}\,\varphi$$

zu einem Maximum macht, entwickeln wir dieselbe in eine nach aufsteigenden Potenzen von $\varphi$ fortschreitende Reihe.

Es war $\lambda = \frac{\cos\vartheta'}{3} - 0{,}33210\ldots$ und die Constante $0{,}332\ldots$ nach der die Anfangslage des Balanciers darstellenden Fig. 2 $= \frac{M'O'}{a}$, oder wenn wir den Winkel $V'V''S$ mit $\vartheta^0$ bezeichnen,

$$\lambda = \frac{\cos\vartheta' - \cos\vartheta^0}{3} = \frac{\vartheta^{0\,2} - \vartheta'^2}{6}.$$

Nun war

$$\sin\vartheta'\,\mathrm{od.}\,\vartheta' = 3(0{,}971404\ldots - \cos\varphi) = {}^3/_2\left(-0{,}057191 + \varphi^2 - \frac{\varphi^4}{12} + \ldots\right),$$

somit, da für $\vartheta^0$ der Winkel $\varphi = 0$ ist,

$$\lambda = {}^3/_8\left\{0{,}057191^2 - \left(0{,}057191 + \varphi^2 - \frac{\varphi^4}{12} + \ldots\right)^2\right\}$$
$$= \frac{3\varphi^2}{8}\left\{0{,}114382 - 1{,}009532\,\varphi^2 + \ldots\right\}.$$

Andererseits ist $\mathrm{tg}\,\varphi = \varphi + \frac{\varphi^3}{3} + \frac{2\varphi^5}{15} + \ldots$, daher

$$W = \frac{3\varphi^3}{8}\left\{0{,}11438 - 0{,}79140\,\varphi^2 + \ldots\right\}$$
$$\frac{dW}{d\varphi} = {}^3/_8\,\varphi^2\left\{0{,}34315\ldots - 4{,}8570\ldots\varphi^2 + \ldots\right\};$$

und wenn man schliesslich den Klammerfactor gleich Null setzt, erhält man den gesuchten Werth von $\varphi$, welcher das Maximum von $W$ erzeugt

$$\varphi^2 = \frac{0{,}34315}{4{,}8570};\quad \varphi = 0{,}26580\ldots$$

oder in Gradmass $\varphi = 15^0\,14'$.

**Die Abweichung der Mitte der Hängeschiene $PQ$ von der Geraden $O$ erreicht annähernd ihr Maximum bei einem Ausschlag des Balanciers $C'PT$ von $15^0\,14'$.**

Für diesen Werth $\varphi = 15^0\,14'$ wird

$$\vartheta' = 1^0\,7'\,27{,}6'';\quad \cos\vartheta' = 0{,}9998075;\quad \sin\vartheta' = 0{,}01962917;$$
$$\lambda = 0{,}001186108;\quad \cos(\varphi+\vartheta') = 0{,}9595223,$$

und daraus ergiebt sich die Abweichung annähernd nach dem Ausdruck

$$Wa = \lambda\,\mathrm{tg}\,\varphi\,.\,a = 0{,}00031715\,a,$$

während nach den unter 3) gewonnenen Resultaten

$$\tau = -0{,}000952417\ldots \quad \text{oder} \quad = -3'\,16{,}5''$$

und der genauere Werth der Abweichung sich zu

$$V = 0{,}00031743\,a$$

herausstellt.

5) Die vorstehenden Werthangaben bestätigen die Voraussetzungen, welche im Laufe der Untersuchung über Grössenverhältnisse bisher gemacht worden sind. Nach der im Ende von 2) gegebenen Disposition bedarf aber der Punkt noch

einer Erörterung, in wie weit es gerechtfertigt ist, bei Berechnung des $\tau$ aus der Gleichung $x''^2 + y''^2 = a^2$ die zweiten Potenzen gegen die ersten zu vernachlässigen.

Es war

$$x'' = a\,(\cos\varphi - {}^2\!/_3 \cos\vartheta' . \tau + \frac{\sin\vartheta'}{3}\,\tau^2)$$

$$y'' = a\,(\sin\varphi - 2\lambda + {}^2\!/_3 \sin\vartheta' . \tau + \frac{\cos\vartheta'}{3}\,\tau^2).$$

Setzen wir hierin für $\tau$ jetzt $\tau_0 + \delta$, indem wir unter $\tau_0$ den vorher berechneten Werth von $\tau$ verstehen, quadriren und addiren die vorstehenden Gleichungen, behalten von $\tau_0$ nur zweite Potenzen, von $\delta$ nur erste Potenzen bei und lassen denjenigen Theil der resultirenden Gleichung fort, der nach der voraufgehenden Untersuchung durch den Werth $\tau = \tau_0$ erfüllt ist, so gelangt man zu der Gleichung:

$$-\,{}^4\!/_3\,\delta \cos(\varphi + \vartheta') - {}^8\!/_3\,\lambda \sin\vartheta' . \delta +$$
$$+\,{}^2\!/_3\,(\tau_0^2 + 2\tau_0\delta)\left\{\sin(\varphi + \vartheta') + {}^2\!/_3 - 2\lambda\cos\vartheta'\right\} = 0.$$

Da es sich nur darum handelt, wenige Stellen von $\delta$ zu berechnen, so braucht von den Gliedern mit $\delta$ nur das weit überwiegende erste beibehalten zu werden; demnach findet man

$$\delta = \frac{\tau_0^2}{2\cos(\varphi + \vartheta')}\left\{\sin(\varphi + \vartheta') + {}^2\!/_3 - 2\lambda\cos\vartheta'\right\},$$

und indem man die dem Maximum entsprechenden Werthe von $\varphi$, $\vartheta'$ und $\tau_0$ einsetzt:

$$\delta = 0{,}491\,\tau_0^2 = 0{,}000000446\ldots$$

Hieraus ergiebt sich, welche Stellen in der obigen Angabe von $\tau$ einer Correctur bedürfen.

Diese Aenderung erstreckt sich natürlich auch auf den Werth $V$ der Abweichung, insofern auch bei dieser $\tau_0 + \delta$ statt $\tau$ eingesetzt werden muss. Sie würde unter Umständen, wenn es auf grössere Genauigkeit ankäme, auch das Maximum verschieben können. Wir führen also dieselbe Rechnung an dem Ausdrucke der Abweichung

$$V = 2c\sin\frac{\tau}{2}\cos\left(\vartheta' + \frac{\tau}{2}\right)$$

aus; alsdann wird

$$V = \frac{2a}{3}\,\frac{\tau_0 + \delta}{2}\left\{\cos\vartheta' - \sin\vartheta'\,\frac{\tau_0 + \delta}{2}\right\}.$$

Bezeichnen wir jetzt den in 3) berechneten Werth von $V$ mit $V_0$, so ergiebt sich schliesslich

$$V = V_0 + \frac{a}{3}\left\{\delta\cos\vartheta' - \frac{\tau_0^2\sin\vartheta'}{2} - \tau_0\,\delta\sin\vartheta' + \ldots\right\}.$$

Innerhalb des Intervalls von wenigen Minuten, auf welche sich die folgende Untersuchung zu erstrecken hat, und so lange man nicht mehr als 5 oder 6 geltende Ziffern zu wissen verlangt, werden von den Gliedern in der Klammer nur das erste, allenfalls das zweite in Betracht kommen. Und weiter kann es kaum zweifelhaft sein (eine nähere Prüfung bestätigt die Vermuthung), dass innerhalb der angezeigten Genauigkeit die Klammergrösse überhaupt sich nicht ändern, der Maximalwerth von $V$ mit dem von $V_0$ zusammenfallen und erst nachträglich bei Berechnung des $V$ aus $V_0$ die Klammergrösse überhaupt in Betracht kommen werde.

6) **Für ein nächstliegendes Bedürfniss der Praxis**, also etwa zur Beantwortung der Frage, wie stark die Elasticität des Parallelogrammgestänges und die der Kolbenstangen in Anspruch genommen werden, mögen vielleicht die in 4) gewonnenen Resultate, sowie sie in 5) bestätigt sind, für ausreichend erachtet werden: einen Abschluss der Frage gewähren sie nicht. Denn abgesehen davon, dass die obige Angabe der Controle sowie der Notirung einer Fehlergrenze entbehrt (und in der That ist die Zahl der angegebenen Minuten nicht die richtige), gewinnt es den Anschein, als habe man die Schwierigkeiten, welche der analytisch-geometrischen Behandlung unserer Aufgabe entgegen treten, nicht überwunden oder umgangen, sondern als ob man dieser Schwierigkeit durch den glücklichen Treffer überhoben worden sei, dass jenes in 3) berechnete $V$ vermöge einiger Abstriche auf den allerdings „überraschend" einfachen Ausdruck $W'a = \lambda \operatorname{tg}\varphi . a$ sich zurückführt. Wir kehren also nochmals zu dem unter 3) gefundenen Ausdrucke für $V$, der nach 5) mit $V_0$ bezeichnet werden soll, zurück, um den in der Nähe von 15° 14' gelegenen **Winkel $\varphi$ genauer zu berechnen, welcher $V_0$ zu einem Maximum macht.** Zur Behandlung der sehr viel complicirteren Function $V_0$ soll ein Verfahren in Anwendung gebracht werden, das der Lösung technischer Aufgaben meines Wissens bisher weniger Dienste geleistet hat, als es zu leisten vermag, und als es anderen Zweigen der angewandten Mathematik sich nützlich erwiesen hat.

Es sei $u$ eine Function einer Veränderlichen $\varphi$; alsdann geht das zu beschreibende Verfahren von der Voraussetzung aus, dass eine Reihe von Werthen derselben für solche Werthe von $\varphi$, die innerhalb eines gewissen Intervalls nach arithmetischer Progression aufsteigen, **berechnet** vorliegt. Was aber die Höhe der Stufen, nach denen $\varphi$ ansteigt, betrifft, so ist es für die Bestimmung eines Maximums oder Minimums das Einfachste, sie so zu wählen, dass die Reihe der entsprechenden Werthe von $u$ constante Differenzen zweiter Ordnung aufweist. Bezeichnet man diese Differenz mit $a_2$, so ergeben sich als Differenzen erster Ordnung

$$a_1,\quad a_1 + a_2,\quad a_1 + 2a_2,\ \ldots$$

und als Werthe der Function $u$:

$$u_0,\quad u_0 + a_1,\quad u_0 + 2a_1 + a_2,\quad u_0 + 3a_1 + 3a_2\ \ldots,$$

so dass das $(x+1)$te Glied dieser Reihe wird

$$u_x = u_0 + x a_1 + \frac{\overline{x-1}\,.\,x}{2}\,a_2.$$

Diese Gleichung bestimmt aber den Werth der Function $u$ in dem Intervall, für welches die zweiten Differenzen constant sind, auch dann, wenn $x$ eine gebrochene Zahl von Einheiten bezeichnet, um welche $\varphi$ von $\varphi_0$ an wächst. Ebenso bezeichne $v$ eine Function von $\varphi$, welche in demselben Intervall für gleiche Stufen von $\varphi$ constante zweite Differenzen $b_2$ hat; alsdann ist

$$v_x = v_0 + x b_1 + \frac{\overline{x-1}\,.\,x}{2}\,b_2.$$

Soll jetzt, nachdem eine angenäherte Lösung der Aufgabe gefunden ist, der genauere Werth von $x$ bestimmt werden, für welchen die Function $\frac{u}{v}$ ein Maximum oder Minimum wird, so hat man die Function

$$\frac{u}{v} = \frac{u_0 + x a_1 + \frac{\overline{x-1}\,.\,x}{2}\,a_2}{v_0 + x b_1 + \frac{\overline{x-1}\,.\,x}{2}\,b_2}$$

nach den bekannten Regeln zu behandeln. Man findet, dass dieses $x$ die Gleichung erfüllen muss:

$$v_0 a_1 - u_0 b_1 + \frac{2x-1}{2}\,(v_0 a_2 - u_0 b_2) + \frac{x^2}{2}\,(b_1 a_2 - a_1 b_2) = 0,$$

also eine Gleichung zweiten, nicht dritten Grades.

Wir wenden dies Resultat auf unsere Function

$$\frac{V_0}{a} = \frac{\lambda\cos\vartheta'(\sin\varphi - \lambda)}{\cos(\varphi + \vartheta') + 2\lambda\sin\vartheta'}$$

an, indem wir

$$\lambda\cos\vartheta'(\sin\varphi - \lambda) = u$$
$$\cos(\varphi + \vartheta') + 2\lambda\sin\vartheta' = v$$

setzen. Hierbei ergiebt sich zunächst, wenn man die Werthe von $u$ und $v$ für $\varphi = 15°\ 10'$ berechnet, für $\frac{u}{v}$ ein grösserer Werth, als der für 15° 14' oben angegebene. Sonach ist das Maximum für $V_0$ bei kleineren Winkeln als dem unter 4) berechneten zu suchen. Wir werden also die Grössen $u$ und $v$ für 15° 5', 15° 10', 15° 15' und 15° 20' nebst deren ersten und zweiten Differenzen auswerthen, in die obige Gleichung zur Berechnung von $x$ einsetzen und danach diese Berechnung ausführen.

Man findet

| für $\varphi =$ | $u . 10^9$ | $-\Delta_1$ | $-\Delta_2$ | $v . 10^6$ | $-\Delta_1$ | $-\Delta_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15° 5' | 304 944 | | | 960 869 | | |
| | | 136 | | | 720 | |
| 15° 10' | 304 808 | | 146 | 960 149,3 | | 8 |
| | | 282 | | | 728 | |
| 15° 15' | 304 526 | | 147 | 959 421,7 | | 8 |
| | | 429 | | | 736 | |
| 14° 20' | 304 097 | | | 958 686 | | |

Multipliciren wir den Bruch, der ein Maximum werden soll, mit $10^3$ und erweitern ihn mit $10^6$, so wird

$$u_0 = 304944; \quad a_1 = -136; \quad a_2 = -146$$
$$v_0 = 960869; \quad b_1 = -720; \quad b_2 = -8,$$

und es entsteht eine quadratische Gleichung, die nach üblichen Reductionen auf die Form führt:

$$x^2 - 1325 . 2x = -3031.$$

Die hier gesuchte Wurzel derselben ist

$$x = 1{,}144 \ldots$$

Da aber das Intervall, um welches die $\varphi$ steigen, 5′ beträgt, so wird $V_0$ und somit $V$ zu einem Maximum für

$$\varphi_{max} = 15^0\,5' + 1{,}144 . 5' = 15^0\,10'\,43''.$$

Man hat jetzt für diesen Winkel die Berechnung von $u$ und $v$ zu wiederholen und erhält:

$$V_{0\,max} = 0{,}00031747 \ldots a.$$

Zählt man dann zu diesem Werthe die am Ausgange von 5) berechnete Klammergrösse

$$\frac{a}{3}\left(\delta \cos \vartheta' - \frac{t_0^2 \sin \vartheta'}{2} - \ldots\right) = 0{,}00000015\, a,$$

so kommt endlich die Maximalabweichung

$$V_{max} = 0{,}00031762 \ldots a.$$

7) Für die in 1) näher beschriebene, übrigens meist gebräuchliche Anordnung des Watt'schen Parallelogramms tritt die grösste Abweichung des Mittelpunktes $M$ der Hängeschiene $PQ$ von der Geraden $O$, welche durch die mittlere und die beiden äussersten Lagen dieses Punktes geht, dann ein, wenn die Mittellinie des Balanciers einen Ausschlag von beiläufig $15^1/_6{}^0$ nach oben oder unten hat; und es beträgt diese Maximalabweichung etwa $^1/_{3000}$ der Entfernung des Aufhängepunktes $P$ von der Schwingungsaxe des Balanciers.

Das Vorstehende bezieht sich auf die Führung desjenigen Punktes, an welchem man die Pumpenstange aufzuhängen pflegt. Der Endpunkt $N$ derjenigen Hängeschiene $LN$, mit welcher die Kolbenstange des Dampfcylinders verbunden ist, beschreibt eine der vom Punkte $M$ durchlaufenen Curve geometrisch ähnliche Linie. Dieser Punkt würde also unter demselben Ausschlag des Balanciers das Maximum seiner Abweichung erreichen, und dieses Maximum würde etwas weniger als $^1/_{3000}$ der halben Balancierlänge ausmachen. Das Resultat unserer Untersuchung kann mithin kurz immer unter Voraussetzung der in 1) beschriebenen Verhältnisse der Construction, so gemerkt werden: bei einem Balancier von $6^m$ Länge beträgt die Abweichung des den Dampfkolben geradlinig führenden Punktes des Parallelogramms von einer geraden Linie nicht ganz ein Millimeter. —

Dass übrigens das voraufgehende Verfahren der Untersuchung auch auf solche Fälle sich anwenden lässt, die von der gebräuchlichen Anordnung abweichen, ist selbstverständlich.

Cassel, Februar 1878.

## Entlastetes einsitziges Absperrventil.

Von R. M. Daelen.

(D. R.-P. No. 1135.)

(Hierzu Fig. 6 bis 8, Tafel XIII.)

Im Anschlusse an die Mittheilung in Heft 3 über ein entlastetes, einsitziges Absperrventil ist die Construction inzwischen unter Beibehaltung des Principes noch wesentlich vereinfacht worden, wie aus Fig. 6, 7 und 8, Taf. XIII ersichtlich ist, indem der Ausgleichungsraum nicht mehr zwischen dem Ventilkegel und einem besonderen, an dem Sitze befestigten Gegenkolben gebildet wird, sondern zwischen ersterem und dem Deckel des Gehäuses, so dass, da auch die Führungsstege fortfallen, die Herstellung eine wesentlich vereinfachte wird. Auch dem Durchgange des Dampfes wird noch weniger Widerstand geboten.

Aus den verschiedenen Darstellungen geht hervor, dass die Construction sich allen Verhältnissen und Anforderungen anpassen lässt, und dieselbe hat daher bereits vielfache Anwendung auch für Wasserdruck bis zu 30 Atm. gefunden.

Fig. 6 zeigt das am meisten erforderliche Durchgangsventil für horizontale Dampfleitungen; die Einrichtung Fig. 7 ist für verticale bestimmt und erfüllt gleichzeitig die Bedingung, dass die Stopfbuchse in dem abgesperrten Raume liegt, so dass dieselbe behufs Erneuerung der Verpackung jederzeit zugängig ist.

Die Construction des Eckventils Fig. 8 unter 45° zur Horizontalen und mit kugelförmigem Gehäuse ergiebt eine möglichst gedrungene Form desselben, die zum Zwecke von Raumersparniss in grossen Dampfleitungen an Stelle der Krümmer anzuwenden ist.

Da die Einrichtung dieser Entlastung unter Beibehaltung etwa vorhandener Modelle von Gehäusen und auch der, durch die Vereinstabelle vorgeschriebenen Normaldimensionen eingeführt werden kann, so ist durch die allgemeine Anwendung bei Ventilen über $100^{mm}$ die Abhilfe vielfachen Dampfverlustes und kostspieliger Reparaturen zu erwarten, und verdient noch erwähnt zu werden, dass die Herren Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg in dieser Richtung bereits vorgegangen sind.

## Jordan's Patent-Hand-Gesteinbohrmaschine.

Vom Grubendirector P. H. Knops in Siegen.

(Hierzu Fig. 5, Taf. XIII.)

Jordan's Patent-Handbohrmaschine kann in den Strecken, auf dem Abbau und im Schachte, desgleichen in Steinbrüchen u. s. w. benutzt werden. Die ganz besondere Eigenthümlichkeit derselben ist, dass sie durch zwei Arbeiter vermittelst Drehen von Kurbelrädern in Bewegung gesetzt werden kann und dabei ganz Bedeutendes leistet.

Die Maschine besteht, wie Fig. 5, Taf. XIII zeigt, aus einem Cylinder und einem Kolben, die durch einfache Lederringe luftdicht geliedert sind, von denen der eine an dem Kolben, der andere an dem oberen Cylinderdeckel angebracht ist. Die Kolbenstange ist mit einem Hubeblock verbunden, der bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle zweimal von Heblingen mit der Kolbenstange emporgehoben wird. Hierdurch wird die Luft in dem Cylinder, welche durch die Lederdichtung am Entweichen verhindert wird, comprimirt, und treibt beim Loslassen der Heblinge den Kolben bezw. die damit verbundene Bohrstange gegen das Gestein.

Um die Kraft des Schlages zu verstärken und zu regeln, ist folgende Einrichtung getroffen, wodurch ein sog. todter Schlag erzielt wird.

Die Kolbenstange geht durch den unteren Cylinderboden hindurch, der ringförmige Raum um diesen unteren Theil der Kolbenstange beträgt nur $^3/_{16}$ Zoll, und es bewirkt nun ein ähnlicher Lederring wie die am Kolben und oberen Cylinderdeckel angebrachten, dass beim Anhube des Kolbens Luft unter denselben tritt. Beim Niedergange des Kolbens kann diese Luft nicht entweichen und tritt hinter den Kolben, da dessen Liderung nach oben hin keinen Widerstand entgegensetzt.

Es erhellt hieraus, dass bei jedem Hube der Maschine ein Mehr an Luft von je etwa 3 Cubikzoll in den Compressionsraum eingeführt wird, so dass also jeder verlangte Druck erhalten werden kann, indem man ein kleines Schraubenventil entsprechend stellt. Dieses Ventil ist am oberen Theile des Cylinders angebracht. Wie nun die durch den Hub des Kolbens bewirkte Compression im Cylinder, von gewöhnlicher atmosphärischer Pressung nur bis auf 30 Pfund pro Quadratzoll gebracht wird, so erhält man durch die saugende Wirkung desselben einen entsprechenden Ueberdruck in dem oberen Cylindertheile, der am Ende des Schlages zur Wirkung kommt. Dieser Ueberdruck begründet den todten Schlag und die Leistung der Maschine.

Es blieben noch das Vorschieben und Umsetzen des Bohrers durch die Maschine zu erklären. Das Umsetzen erfolgt durch das Anheben der Heblinge am Hebeblock. Die Reibung zwischen diesen Theilen bewirkt eine Drehung des Hebeblockes bei jedem Schlage, und weil die Bohrstange ein Schraubengewinde trägt und durch eine lange Hülse hindurchgeht, deren Drehung durch zwei Kegelzahnräder, die in einander eingreifen, verhindert wird, so ist also das Umsetzen

und Vorschieben des Bohrers entsprechend der Natur des Gesteins gesichert. Das Mass dieser Drehung und demgemäss des Vorschubes wird durch die Anzahl der Kämme auf dem Ringe am oberen Ende des Hebeblockes bestimmt. Diese Kämme kommen abwechselnd mit Sperrklinken in Berührung, die an den Seiten des Cylinderrahmens angebracht sind, so dass also von 5 bis 13 Schläge gegeben werden können, während der Bohrer eine ganze Umdrehung im Bohrloche macht.

Man hat es somit ganz in der Hand, je nachdem das Gestein milde oder fest ist, die Schläge und die Umdrehung je nach Erfahrung und Bedürfniss zu regeln.

Man ersieht ferner aus der beigefügten Zeichnung, dass die Kolbenstange eine Röhre bildet und durch die Buchsen an beiden Enden des Cylinders hindurchgeht, in welchem einfache, eingelegte Lederringe *f*, *f* die Dichtung bewirken. Der Hebeblock *b*, an welchem die Hebekämme angreifen, ist an dem oberen Ende der Kolbenstange befestigt und besteht aus vier Theilen. Das innere Hauptstück besteht aus zwei Theilen, die oben und unten durch Ringe zusammengehalten werden und die Bronzehülse *c* umfassen. Diese Hülse hat innen ein Schraubengewinde eingeschnitten, um die Bohrstange *d* aufzunehmen, und an ihrer Aussenseite Tragringe, die in den Hebeblock eingepresst sind. Der obere Theil der Hülse ist von sechseckigem Querschnitt und geht durch das Kegelzahnrad *e* hindurch. Dieses Kegelzahnrad *e* greift in ein anderes Kegelzahnrad ein, welches seinerseits mit dem Handrade *a* verbunden ist. Der obere Ring an dem Hebeblock *b* hat vorstehende, radial gestellte Arme oder Zähne, die mit Sperrklinken in Berührung kommen, welche an den Seiten des Maschinengestelles angebracht sind. Die Bohrstange ist in ihrer oberen Hälfte mit Schraubengewinde versehen, in ihrer unteren Hälfte zeigt sie sechseckigen Querschnitt*) und geht mit dieser durch eine sechseckige Buchse in dem unteren Theile der Kolbenstange hindurch.

Die Thätigkeit dieser so geformten und construirten Organe kann nun einfach wie folgt beschrieben werden:

Die Hebekämme bewirken beim Anheben des Hebeblockes *b* nicht allein ein Emporheben desselben und des Kolbens in dem Cylinder, wodurch die Luft für den Schlag comprimirt wird, sondern verursachen zugleich durch Reibung eine Drehung der Bohrstange, welche, wie oben gesagt, durch eine sechseckige Buchse in der Kolbenstange hindurchgeht und sich also mit derselben drehen muss, folglich auch mit dem Hebeblock. Es folgt daraus und weil die Bronzehülse *c*, durch welche der mit Schraubengewinde versehene Theil der Bohrstange hindurchgeht, durch die mit ihr verbundenen Kegelzahnräder an einer Drehung gehindert ist, dass die Bohrstange vorgeschoben wird und zwar in dem Masse, wie eine Drehung durch die radialen Vorsprünge an dem oberen Theile des Hebeblockes zugelassen wird. Diese Drehung kann je nach der Anzahl der radialen Vorsprünge, von $^1/_5$ bis zu $^1/_{13}$ einer ganzen Umdrehung für jeden Schlag der Maschine betragen. So können der Vorschub und die Drehung des Bohrers auf dem Boden des Bohrloches genau nach der Natur des zu bearbeitenden Gesteins regulirt werden, während ausserdem noch immer Mittel zur Verfügung stehen, den Vorschub durch das Handrad *a* zu reguliren, wenn der automatische Vorschub zu rasch oder zu langsam sein sollte. Zu rascher Vorschub wird durch das allmälige Heraustreten der Bronzehülse über dem Zahnrade *e* angezeigt und ebenso auch das damit verbundene Kürzerwerden des Schlages der Maschine. Zu langsamen Vorschub erkennt man durch den metallischen Ton, den der Hebeblock beim Aufschlagen auf die obere Cylinderbuchse hervorbringt. —

Der vorstehenden genauen Beschreibung der Jordan'schen Bohrmaschine möchte ich noch gern einige Resultate, die hier constatirt wurden, beifügen. Sie beweisen, dass die Maschine Vorzügliches leistet. In Gegenwart verschiedener Bergtechniker wurden auf Grube „Venus" bei Brachbach bei Siegen in 47 Minuten drei Löcher von insgesammt $156^{cm}$ Teufe gebohrt, wobei die Maschine einmal auf- und zweimal umgestellt wurde. Durchschnittlich werden nach Angabe der Beamten in demselben Gesteine dort in der achtstündigen Schicht drei Löcher von etwa $156^{cm}$ mit der Hand gebohrt, und ist somit die Mehrleistung eine ungewöhnliche.

Auf der fiscalischen Grube „Beilstein" bei Dillenburg wurde constatirt, dass im Schaalstein-Mandelstein mit der Jordan'schen Maschine $7{,}25^{cm}$ pro Minute gegen $0{,}83^{cm}$ Handbohrarbeit eines erfahrenen Bergmanns gebohrt werden können. Im Eisenkiesel, bekanntlich ungemein fest und schwer zu bohren, wurden in 16 Minuten $17^{cm}$ gebohrt, wogegen ein Bergmann mit der Hand nur $1{,}4^{cm}$ in dieser Zeit zu bohren vermag, da er, um ein Bohrloch von $42^{cm}$ zu schlagen, 8 Stunden bei einem Bohrverschlag von 15 Stück gebraucht.

Diese Zahlen dürften wol dazu berechtigen, der Jordan'schen Hand-Gesteinbohrmaschine eine gute Zukunft zu versprechen, zumal da sie, wie ich aus Erfahrung constatiren kann, leicht zu handhaben und ausserordentlich einfach und solide construirt ist. Was seither bei den Bohrmaschinen ein Fehler war, complicirter Mechanismus mit leicht erlahmenden Federn u. s. w., ist bei dieser vermieden; denn die bewegende Kraft ist eine nicht verschleissbare Feder, sie ist comprimirte Luft, die nicht erlahmen kann.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass für Gruben und Steinbruchsarbeit verschiedene Gestelle existiren, von denen man sagen kann, dass sie vollständig zweckentsprechend sind. —

Die Jordan'sche Maschine kann durch die Firma: T. B. Jordan Son & Meihé in London E. C. 63 Queen Victoria Street und Berlin S.W. Lindenstrasse 21/22 bezogen werden.

*) Aus der Zeichnung nicht deutlich zu ersehen.

# Technische Literatur.

## Physik.

**Die elektrischen Uhren.** Mit besonderer Rücksicht auf die von Hipp construirten Regulatoren und Zeigerwerke. Von Dr. H. Schneebeli, Prof. an der Akademie Neuchatel. Mit 25 Figuren im Text und 2 lithographirten Beilagen. 48 S. Zürich, 1878. Orell Füssli & Co. —

Dies Schriftchen ist dazu bestimmt, „eine Lücke in der heutigen Literatur über praktische Anwendung der Elektricität auszufüllen, besonders aber die Kenntniss der Hipp'schen Uhren in weitere Kreise zu verbreiten, in denen sie nach der Meinung des Verfassers nicht die gebührende Beachtung gefunden haben, weil sie von der einschlägigen Literatur in auffallender Weise vernachlässigt worden, ja sogar in einem durch Reichhaltigkeit und Ausführlichkeit sich auszeichnenden Werke über die elektrische Telegraphie „nebst einem Anhange über den Betrieb elektrischer Uhren" nicht einmal dem Namen nach aufgeführt sind."

Seiner Aufgabe entsprechend classificirt der Verfasser zuerst die bisher vorgeschlagenen Apparate, welche mit dem Namen der elektrischen Uhren bezeichnet werden, und erläutert in klarer, präciser Weise das Princip ihrer Construction; S. 1 bis 10; er beschreibt und erklärt dann in derselben Weise in verschiedenen Abschnitten die elektrische Uhr von Hipp, den elektrischen Regulator, die Normaluhr eines Systems elektrischer Zeitindicatoren, die elektrischen Zeigerwerke und deren Einschaltung. Aus der „Schlussbemerkung" entnehmen wir, dass seit 1872 über 2000 Hipp'sche Uhren in Gebrauch gekommen sind und dass die Zahl von Städten, Eisenbahn- und Postverwaltungen u. s. w., welche sie eingeführt haben, in stetem Wachsen begriffen ist.

Wir heben noch hervor, dass der Verfasser absichtlich „jede theoretische Erörterung bei Seite gelassen" hat. Dennoch wird Jeder, welcher über diesen Gegenstand Belehrung sucht, mag er nun eine praktische Mittheilung darüber wünschen oder ein allgemeines Interesse an ihm haben, von der vorliegenden Schrift befriedigt werden. Ls.

## Chemie.

**Gmelin-Kraut's Handbuch der Chemie.** Fortsetzung. Heidelberg. O. Winter. —

Das Werk, auf welches wir im Bd. XVII, S. 104, aufmerksam gemacht haben, ist seitdem seiner Vollendung nahegerückt. Vollständig sind die erste und zweite Abtheilung des ersten Bandes — allgemeine Chemie und die Nichtmetalle — und der dritte Band, die dehnbaren schweren

Metalle enthaltend. Vom zweiten Bande fehlen noch die letzten Hefte, welche die sog. säurebildenden Metalle bringen werden, während die leichten Metalle in den schon ausgegebenen Heften des zweiten Bandes enthalten sind.

Unser früheres Urteil über den Werth des Werkes müssten wir heute wiederholen und beschränken uns daher darauf hervorzuheben, dass die erste Abtheilung des ersten Bandes die „allgemeine und physikalische Chemie“ in einer so gründlichen und klaren Bearbeitung enthält, wie sie in höherem Masse wol nicht wieder zu finden ist, so dass sie das ganze Werk in würdiger Weise eröffnet. Ls.

## Mechanische Technologie.

**Lehrbuch der mechanischen Technologie.** Von E. Hoyer, ord. Prof. der mechanischen Technologie an der königl. bayerischen technischen Hochschule zu München. Schlusslieferung (S. 433 bis 900). 8. (Preis des ganzen Werkes 20 *M.*) Wiesbaden, 1878. C. W. Kreidel. —

Dieses Lehrbuch, welches in seinen ersten Lieferungen bereits Bd. XX, S. 167 und Bd. XXII, S. 188 d. Z. von uns gewürdigt wurde, liegt jetzt vollständig vor. Die bisher besprochenen Theile behandelten die Verarbeitung der Metalle und des Holzes, welcher Abschnitt in der vorliegenden Schlusslieferung vollends erledigt wird. Dann folgen die beiden wichtigen Gruppen Spinnerei und Weberei, und die Papierfabrikation bildet den Schluss des Buches. Auch bei diesen Capiteln ist nach vergleichender Methode stets die Verarbeitung der verwandten Materialien vorangestellt, worauf die Fabrikation einzelner besonderer Stoffe (Faserstoffe, gewebter Stoffe und Papiergattungen) specieller behandelt wird.

Das anfangs vom Verfasser vorgesteckte Ziel einer neuen, eigenartigen Behandlung der mechanischen Technologie, über welche wir bereits früher ausführlich berichteten, ist vollständig durchgeführt. So wurde es ermöglicht, die wichtigsten Gebiete dieses Zweiges der Maschinenwissenschaften auf immerhin verhältnissmässig geringem Raume zu bewältigen. Die Darstellungsweise des Verfassers hat deshalb allseitige Anerkennung gefunden, so dass sogar ähnliche, später erschienene Werke einzelne Capitel der Hoyer'schen Technologie fast wörtlich und mit den zugehörigen Abbildungen wiedergegeben haben. Als wesentlichen Vorzug des Werkes heben wir schliesslich nochmals die Ausstattung desselben durch sorgsam ausgewählte Abbildungen hervor, von denen das Buch 561 Holzschnitte und 4 lithographirte Tafeln enthält. L.

**Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege.** Lehrbuch der mechanisch-metallurgischen Technologie von A. Ledebur, Prof. an der königl. Bergakademie zu Freiberg i/S. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste bis dritte Lieferung. S. 1 bis 560. (Preis pro Lieferung 6 *M.*) Braunschweig, 1877/78. Fr. Vieweg & Sohn. —

Aus dem Gesammtgebiete der mechanischen Technologie hat der Verfasser den Theil herausgegriffen, welcher sich ausschliesslich mit der mechanischen Verarbeitung der Metalle beschäftigt und diesen in etwas ausführlicherer Darstellung behandelt, als es in Lehrbüchern über das Ganze üblich und möglich ist. In sofern bildet das Buch eine Ergänzung sowol der allgemeineren Lehrbücher über mechanische Technologie als auch der auf den technischen Hochschulen über dieses Fach gehaltenen Vorträge und sucht seinen Leserkreis vorzüglich unter angehenden und, wie der Verfasser hofft, auch gereifteren Praktikern. Wir können daher dem Verfasser nur beipflichten, wenn er bei seiner Darstellung zum Theil der älteren Weise folgte und gesonderten Industriezweigen eine gewisse Selbständigkeit zuerkannte. Für den Schulunterricht hat ja die Aufstellung allgemeiner Gesichtspunkte, wie sie namentlich von Hoyer mit Glück durchgeführt ist, ihre unleugbaren Vortheile, für den Praktiker aber, der häufig von Fall zu Fall Rath oder Aufklärung sucht, wird es immer erwünscht sein, praktisch Zusammengehöriges bei einander zu finden. Nichts desto weniger sind in dem vorliegenden Buche auch die verschiedenen für gleichen Zweck dienenden Mittel vergleichend neben einander gestellt.

Nach einer Einleitung, welche die massgebenden Gesichtspunkte aufstellt, tritt der Verfasser in die Behandlung des ersten Theiles, die allgemeine Technologie der Metalle, ein und bespricht in dem ersten Abschnitt desselben die Eigenschaften der Metalle und ihrer Legirungen, unter besonderer Betonung der Wichtigkeit der letzteren für die gewerbliche Technik, ferner die Geräthe zum Messen und Vorzeichnen, zum Festhalten der Arbeitsstücke und zum Heben und Fortbewegen derselben, Winden, Krahne, Transportwagen und schliesslich die Gebläse für die Werkstätten der Metallverarbeitung mit Entwickelung des Effectes dieser Apparate.

Der zweite Abschnitt behandelt die rohe Formgebung und davon zuerst die Formgebung durch Schmelzen und Giessen. Hier kommen zunächst wiederum die Eigenschaften der Metalle und Legirungen in Betracht, sofern sie auf deren Verwendbarkeit für Giessereizwecke von Einfluss sind, dann wird sehr ausführlich die Formerei besprochen als Herstellung von Gussformen aus bildsamem oder aus starrem Material, das Trocknen der Formen und Kerne und die letzten Arbeiten an der Form für den Guss. Sodann folgt die Darstellung des Schmelzens mit Beschreibung und Effectberechnung der Schmelzapparate als Kessel, Tiegelöfen und Flammöfen mit directer und mit Gasfeuerung und Schachtöfen. Das nächste Capitel bringt die Geräthe für den eigentlichen Guss und das Arbeitsverfahren bei demselben, wonach mit Nachrichten über die Anlage von Giessereien dieser Unterabschnitt seinen Abschluss findet.

Ihm folgt die Formgebung im ungeschmolzenen Zustande durch äussere Kräfte, wiederum eingeleitet durch die hierzu massgebenden Eigenschaften der Rohmaterialien. Dann werden die Apparate zur Erhitzung der Metalle, Schmiedefeuer, Schweiss-, Wärm- und Glühöfen verschiedener Systeme abgehandelt, nach ihnen die Apparate zur Formgebung besprochen, welche sich in die verschiedenen Arten Hämmer für Hand- und Kraftbetrieb (namentlich die Dampfhämmer sind recht ausführlich behandelt), Pressen, Walzwerke und Ziehbänke gruppiren. Den Schluss bildet auch hier eine Zusammenstellung von Regeln für die Einrichtung mechanischer Werkstätten für Roharbeit.

Von dem nächstfolgenden Abschnitt, der die Vollendung der Form behandelt, bringen die uns vorliegenden Hefte erst wenige Seiten, so dass wir uns ein genaueres Eingehen auf die Besprechung der Folge versparen müssen.

Der allgemein verständliche Vortrag des Verfassers dürfte aus seinen mannigfachen Beiträgen zu verschiedenen technischen Zeitschriften hinreichend bekannt sein. Was die Ausstattung des Buches betrifft, so ist von dieser nur Rühmliches zu sagen. R. Z.

## Eisenbahnwesen.

**Beschreibung der elektrischen Läutewerke** auf den königl. bayerischen Staatsbahnlinien. Mitgetheilt vom königl. Generaldirections-Rath Fr. Förderreuther. Mit 1 Tafel Abbildungen. 20 S. (Preis 0,80 *M.*) München, 1877. Th. Ackermann. —

Die vorliegende kleine Schrift, ein Sonderabdruck aus der „Zeitschr. des Bayerischen Architekten- und Ingenieurvereines“, bringt interessante Mittheilungen über Einrichtung und Betrieb der vor einigen Jahren auf den bayerischen Staatsbahnen eingeführten, vom Ober-Ingenieur C. Frischen in Berlin construirten Läutewerke. Es wird darin der Nachweis geführt, dass mit Hilfe dieser Apparate von jedem Wärterhause aus, auch ohne Vorkenntnisse, mehrere Signale an die nächste Station gegeben sowie von jedem mit der Morsesprache Vertrauten Depeschen dorthin abgesandt werden können. Bei vorkommenden Unglücksfällen auf der Strecke hat es danach keine Schwierigkeiten, die nächste grössere Station davon zu benachrichtigen. R. Z.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

// ZEITSCHRIFT
DES
VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

1879. Band XXIII. Heft 8. Augustheft.

# Abhandlungen.

## Gedanken über die Frage der Classification von Eisen und Stahl.

Von **A. Martens**, Ingenieur in Berlin.

Ehe wir mit Erfolg an eine Entscheidung der brennenden Frage der Gegenwart denken können: wie und in welcher Weise sollen wir Eisen und Stahl classificiren? oder mit anderen Worten: wie und durch welche Mittel ist es möglich, den Kaufwerth, den Nutzungswerth der zu erstehenden Materialien zu bestimmen? ist es nothwendiges Erforderniss, das Material, welches wir classificiren wollen, vollständig zu kennen.

Und wie gross sind noch die Lücken in dieser Kenntniss! Was wissen wir über den Zusammenhang der chemischen Eigenschaften der fraglichen Körper mit deren physikalischen Eigenschaften? Ja, was wissen wir Bestimmtes und klar Definirbares nur über die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften an sich von der rein mechanischen Behandlungsweise während der Erzeugung ihres Trägers? Und doch ist gerade dieser Punkt noch der am meisten studirte. Wie gross ist ferner unsere Kenntniss von den Veränderungen, welche diese Eigenschaften erleiden durch eine Bearbeitung während der Ueberführung des Rohproductes in das Fertigfabrikat? Wie gross ist sie in Bezug auf die Veränderung eben dieser Eigenschaften durch die äusseren Einwirkungen, welche diese Materialien in ihrem späteren Berufe erleiden?

Und wollen wir nun über alle diese Fragen Aufklärung zu bekommen suchen durch das umfangreiche Beobachtungsmaterial, welches vorhanden und mit Mühe und mit vielem Fleisse zusammengetragen ist, so stehen wir vor einem fast unfassbaren Dinge. Wir haben werthvolle und höchst umfassende Werke, deren Autoren die einschlägigen Fragen mit grossem Fleisse zu fördern bestrebt waren; aber, wie viel diese Werke an Arbeit und Studium auch in sich bergen, sind sie im Stande volle Aufklärung zu gewähren? Wir haben eine umfassende, leider mehr und mehr sich zerstreuende Journalliteratur, die sehr viele und eingehende Einzelarbeiten enthält und stets die neuesten Bestrebungen auf allen Gebieten technischen Wissens bringt. Aber, sind alle diese Arbeiten, die mit so vieler Mühe und so vielem Scharfsinn gefördert wurden, sind sie im Stande jetzt schon genügende Aufklärung zu schaffen? Ja, werden diese Einzelstudien überhaupt im Stande sein volle Aufklärung über das innere Wesen der Eigenschaften von Eisen und Stahl zu geben?

Man kann das kaum erwarten. So viel Sorgfalt und Fleiss auch auf das Sammeln dieses zerstreuten Materials verwendet werden mag, es wird unsere Kenntniss fördern und erweitern; klaren Einblick aber und vollkommenes Verständniss wird es uns kaum — und wenn je, erst nach einer sehr langen Spanne Zeit — bringen.

Warum kann nicht in dieser Zeit der Enquêten eine Enquête und zwar eine andauernde, im grossen Massstabe und mit grossen Mitteln durchgeführt werden, um einem so schwer fühlbaren Bedürfnisse abzuhelfen; um einen Körper kennen zu lernen, der so tief einschneidend ist in die menschlichen Verhältnisse, dessen ökonomische und culturelle Bedeutung eine so immens grosse ist, der das Budget der Staaten mehr belastet als irgend ein anderes Element? Es kann für den Nationalwohlstand nicht gleichgiltig sein, ob wir von dem Eisen, dem Stahl mehr oder weniger Nutzleistung bekommen, ob wir für das jährlich für die Production von Eisenfabrikaten aufzuwendende Capital ein Material von grösserer oder geringerer Leistungsfähigkeit erhalten.

Im Folgenden soll der Versuch gemacht werden, die Möglichkeit der Durchführung einer solchen Enquête in grossem Massstabe und nach bestimmten wissenschaftlichen Grundsätzen darzuthun. Dass die einzelnen Gesichtspunkte erschöpfend nicht behandelt werden können, ist nach oben Angeführtem selbstverständlich, und selbst grosse Lücken mögen daher gütige Nachsicht finden.

Nach den Ausweisen von v. Lindheim, Pechar u. A. wird der weitaus grösste Theil der Production an Eisen und Stahl von den Transportanstalten, Eisenbahn und Schifffahrt consumirt, und es darf daher wol als gerechtfertigt erscheinen, wenn hier in erster Hand

diejenigen Materialien in Frage gezogen werden, welche diesen Anstalten zufliessen; zumal man hier wegen der gleichartigeren Anforderungen, die an das Product schon seit langer Zeit gestellt wurden, es schon mit mehr gleichmässig behandelten Materialien zu thun hat. Derjenige Theil der Production, der sich anderen Absatzgebieten zuwendet, ist schwerer zu verfolgen, lässt sich in seinen Einzelheiten weniger leicht erfassen und hat ausserdem auch bei weitem nicht die ökonomische Bedeutung wie der erstgenannte. Bleiben wir bei diesem stehen, so wird wol einleuchten, dass hier, wo seit vielen Jahren ein überreichliches Material über die Eigenschaften und den Werth der Verbrauchsartikel aus Eisen und Stahl, sowol von Seiten der Producenten als auch von Seiten der Consumenten gesammelt worden ist, eine eingehende und vollkommen umfassende Statistik sehr vieles leisten könnte, wenn sie eben jetzt überhaupt noch durchführbar wäre. Wir würden vielleicht im Stande sein, durch eine alle Umstände berücksichtigende und wissenschaftlich durchgeführte Statistik den Standpunkt und den Umfang der Kenntniss festzustellen, welche wir in den einzelnen Zeitperioden von den Eigenschaften von Eisen und Stahl gehabt haben; wir würden vielleicht bekannt werden können mit den Veränderungen, welche der Gesammtcharakter dieser Körper im Laufe der Jahre erfahren hat. Diese Kenntniss würde sich in den ersten Jahren als eine mangelhafte erweisen, weil das Material über diesen Zeitabschnitt ein sehr lückenhaftes sein wird; wir würden sehen wie mit den Jahren unsere Kenntniss sich erweitert und wie sie mit dem Zeitpunkt der Erfindung Bessemer's einen rapiden Aufschwung nimmt, und würden sehen, wie wir trotzdem gerade in diesem Augenblicke abermals vor einem unbekannten Lande stehen. Kurz, wir würden die Grösse und den Umfang des Gegenstandes unseres Forschens wachsend finden mit unserer Kenntniss.

Durchführbar ist diese Statistik von einem gewissen Zeitpunkt an, und Beobachtungsreihen, die vollen Werth für die Lösung der vorstehend besprochenen Fragen besitzen, existiren ganz zweifellos schon jetzt*); sie sind aber zum grossen Theile gar nicht in die Oeffentlichkeit gedrungen. Dies sind die sehr eingehenden Beobachtungen und Untersuchungen, welche grosse, hervorragende Industrielle in frühzeitiger Erkenntniss des Werthes solcher Untersuchungen haben machen lassen, und diejenigen, welche begraben und unbeachtet in den Acten der Eisenbahn-Gesellschaften schlummern. Diese Beobachtungsresultate sind für private Aufstellungen gar nicht, oder äusserst schwer zugänglich, und es verbleibt der Privatthätigkeit nur das Material, welches durch die Literatur ein öffentliches geworden ist. Wenn man hier versucht genügendes Material zu sammeln, so wird man sehr schnell erkennen, dass das Material, welches einen vollständigen Vergleich und daraus eine Erkenntniss des Zusammenhanges der Eigenschaften von Stahl und Eisen zulässt, ungeheuer spärlich gesät ist. Von über tausend Analysen, welche zu diesem Zwecke bereits gesammelt wurden, taugen für eine vollkommen erschöpfende Untersuchung keine zehn, und keine 10 pCt. sind im Stande eine Untersuchung in Bezug auf den Zusammenhang der chemischen Zusammensetzung mit den physikalischen Eigenschaften zuzulassen. Getrennte Daten, welche die chemische Zusammensetzung geben beispielsweise in Bezug auf die Führung des Erzeugungsprocesses, oder die die physikalischen Eigenschaften z. B. in Zusammenhang mit dem Nutzungswerthe aufführen, sind sehr zahlreich. Und doch sind in sich und einheitlich auch alle diese Ergebnisse, unseres Wissens, nicht zusammen gestellt und untersucht worden. Beobachtungsreihen erster Richtung, welche also mehr von der chemischen Constitution ausgingen, sind in erster Linie von den Producenten gemacht worden, während die Consumenten sich mehr der Untersuchung der physikalischen Eigenschaften, als den leichter erkennbaren zuwendeten. Das ist erklärlich und in der Natur der Sache begründet. Der Producent muss in erster Linie wissen, welchen Einfluss die von ihm verwendeten Erzeugungsmethoden auf sein Product und auf seinen Geldbeutel ausüben. Er wird sich nothwendig der chemischen Analyse zuwenden, welchen Weg ihm seine Fachkenntniss ausserdem zugänglicher macht. Der Consument verbraucht das Material, indem er es äusseren Einwirkungen hervorragend physikalischer Natur aussetzt, und wird nothwendig darauf hingeführt, rein physikalische Prüfungsmethoden als Werthmesser für das Product einzuführen, zumal ihm bei mangelhafter und ungenügender Fachkenntniss der Weg, den die Chemie ihm an die Hand geben würde, fremd ist.

Aus dem hier Angeführten ergiebt sich von selbst, dass wir, wollen wir für die Folge der Sache näher treten, wollen wir das innere Wesen von Eisen und Stahl ergründen, die Sache von einem anderen Standpunkte aus ansehen müssen und zwar von einem Standpunkte aus, den namhafte Kräfte in neuerer und neuester Zeit betreten haben. Wir würden eine fortlaufende Reihe gleichzeitiger und neben einander hergehender Vergleiche der chemischen und der physikalischen Eigenschaften anzustreben haben. Ja, wir können und müssen noch einen Schritt weiter thun, wir müssen auch die ökonomischen Eigenschaften — wenn es erlaubt ist so zu sprechen — von Eisen und Stahl berücksichtigen.

Hier kommen wir zu der Frage zurück, von der wir anfangs ausgingen, das ist die Frage der Classification von Eisen und Stahl. Es wird einleuchten, dass eine umfassende, statistische Untersuchung — und eine solche ist es, der wir das Wort reden wollen — nur möglich und durchführbar ist, wenn wir möglichst viele Eigenschaften von Eisen und Stahl durch solche Zahlen auszudrücken im Stande sind, die uns nachher ein Mittel

*) Vergl. die sehr eingehenden Arbeiten von A. v. Kerpely: „Ungarns Eisensteine und Eisenhüttenerzeugnisse“ und „Ueber Eisenbahnschienen“. Dann C. B. Dudley: Steel rails. „Engineering“ 1879, p. 143. Ferner: V. Deshayes: Notes sur les rapports existant entre la composition chimique et les propriétés mécaniques des aciers. „Bulletin de la Société chimique de Paris“ 1879, p. 172. u. A. m.

an die Hand geben, nach Ansammlung von genügend umfangreichem Material, Gruppeneintheilungen zu machen und die Lösung unserer Cardinalfrage zunächst in den einzelnen Gruppen und darauf in der Zusammenstellung des ganzen Materials zu suchen. Dazu ist aber unbedingt eine vorläufige Classification von Eisen und Stahl erforderlich, und diese müsste selbst dann — wenigstens für den hier entwickelten Zweck — durchgeführt werden, wenn sie eine Geltung im öffentlichen Verkehr nicht erringen sollte. Im Allgemeinen sträubt sich gegen ihre Einführung der Producent, und man muss sagen in manchen Fragen — d. h. so weit er schon bestimmt formulirte Sätze in Bezug auf die Vorschläge für eine Classification verwirft — nicht ganz mit Unrecht. Aber, selbst wenn man dieses zugesteht, ist es doch noch eine offene Frage, ob nicht selbst diese von ihm verworfenen Sätze und Bestimmungen zum Vortheil auch des Producenten ausschlagen werden, wenn er die bestehenden Zustände gegen die zu erwartenden abwägt und wenn er, was als nothwendig an sich und als nothwendig in Verfolg oben aufgestellter Gesichtspunkte für eine wirklich eingehende Durchführung einer Generalenquête in grossem Massstabe erscheinen muss, erreichte, dass ihm seine Producte von Seiten seiner Consumenten durch fachmännisch gebildete, durch und durch in der Praxis stehende Organe abgenommen werden.

Hier muss ein Punkt berührt werden, der bitter und schwer empfunden wird, der leider wie so viele Dinge im menschlichen Leben seine tiefen Schattenseiten, freilich auch seine Lichtseiten hat. Wie die Materialbeschaffungen von Seiten der Hauptconsumenten von Eisen und Stahl heut zu Tage betrieben werden, ist es nicht zu leugnen, dass für die Fabrikanten manche harte Beeinträchtigungen entfallen. Diese Beeinträchtigungen datiren aber zum hervorragenden Theile aus dem, was die vorgeschlagene Classification geeignet ist für die Folge wenigstens theilweise zu beseitigen. Wir meinen die zerfahrene Mannigfaltigkeit in den Constructionen der Betriebsmaterialien und in den Abnahmevorschriften hauptsächlich von Seiten der Eisenbahnen, einen Uebelstand, der ja durch das heutige Bestreben, Normalien einzuführen, schon in etwas gemildert ist, der aber hierdurch allein nicht beseitigt werden wird. So lange wir viele und verschiedenartige Verwaltungen bei einem und demselben Besitzer, dem Staate, so lange wir viele verschiedenartige Gesellschaften haben, so lange wird immer wieder das Bestreben, Eigenartiges zu bilden, hervortreten. Sind wir auch nicht unbedingte Anhänger des Staatsbahnprincips oder der allgemeinen Centralisation der Verwaltung des Verkehrswesens, so kann doch nicht verkannt werden, dass eine mehr durchgeführte Centralisation derjenigen Organe, welchen die Beschaffung und Erhaltung des rollenden Materials und der Oberbaumaterialien obliegt, einen gar nicht unwesentlichen Einfluss auf die Verhältnisse und das Wohlgedeihen der Eisenindustrie ausüben würde, weil ein Centralorgan viel leichter und nach einheitlichen Gesichtspunkten verwaltet werden könnte. Es würde, beiläufig gesagt, in Verfolgung dieses Gedankens sich eine Decentralisation in der eigentlichen Betriebsverwaltung empfehlen, deren intensives Interesse sich dann vielen kleineren, durch gleichlaufende Verkehrsinteressen begrenzten Gebieten widmen könnte. Diese kleinen Verwaltungskörper würden nur mit dem Betriebe, dem eigentlichen Transportgeschäfte, zu thun haben, während ihnen der Transportweg oder die Transportmittel von der grossen Verwaltung zugestellt und erhalten würden. Hatten, wie wir gesehen haben, die einzelnen jetzt bestehenden Verwaltungen und Gesellschaften viele verschiedene Vorschriften für die Materialbeschaffungen, so beauftragten sie ausserdem noch viele verschiedene, meistens ganz junge und unerfahrene Kräfte mit der Abnahme, die, mit nur äusserst geringen Ausnahmen, keine fachmännisch, d. h. eisenhüttenmännisch gebildeten Leute waren, die zum grossen Theil erst bei ihren ersten Abnahmen ahnen oder kennen lernten, was ein Grossindustriebetrieb bedeuten will, und die, mit ganz verschiedener Befähigung, Verständniss für die Eisenhüttenprocesse zu erlangen, begabt, nach Erwerbung von halbem Wissen zurückgingen, um später selbst ihre jungen Collegen in ähnliche Stellungen zu entsenden. Das ist ein Punkt, den manches Hüttenwerk und manche Verwaltung schwer genug empfunden hat und der bei einer Centralisirung in obigem Sinne leicht vermieden, wenigstens auf ein Minimum herabgedrückt werden kann. Aus diesem Uebelstande entspringen aber weitere Umstände. Naturgemäss sind die Abnahmecommissäre diejenigen Organe, durch welche die Verwaltung als solche Kenntniss von den Einrichtungen der Producenten und von den Fortschritten in der Production erhalten sollte, naturgemäss sind sie diejenigen Organe, durch welche die Verwaltung volle Kenntniss von den Eigenschaften der gelieferten Materialien bekommen muss. Und doch würde eine Statistik aus den Acten der Verwaltungen manche Lücke zeigen und beweisen, wie wenig nur die Qualitätsprüfungen, selbst bei gleichen Prüfungsvorschriften, nach gleichen Gesichtspunkten und unter gleichen Bedingungen ausgeführt worden sind; woraus wiederum hervorgeht, dass ein Theil des so gesammelten und in den Acten aufgehäuften Materials zu einer wissenschaftlichen Untersuchung unbrauchbar, oder doch fast unbrauchbar ist und gleichbedeutend, in doppeltem Sinne, mit verlorener Arbeit und verlorenem Capital.

Und nun? Wenn wir aus dem vorhandenen Material nicht Aufklärung über das Wesen von Eisen und Stahl erhalten können, was sollen wir thun, um unsere Kenntniss zu erweitern?

Diesen Zweck zu erreichen nutzen nicht einzig und allein wissenschaftlich geleitete Versuchsanstalten, auch nicht staatliche Prüfungsstationen. Sie können wol einen nicht unwesentlichen Schritt vorwärts gestatten, aber zur vollen Aufklärung werden sie nicht, oder nur sehr langsam und auf Umwegen führen; dahin kann einzig und allein die Praxis führen und auch diese nur im Laufe der Jahre, wenn sie wiederum Hand in Hand geht mit der Wissenschaft.

Stellen wir uns die Verwaltung, welcher die Beschaffung der Betriebsmaterialien — beispielsweise für die Eisenbahnen — überlassen werden soll, als centralisirte und einheitlich organisirte Körperschaft vor, welche über fachmännisch wissenschaftlich gebildete Abnahmebeamte verfügt, über Beamte, die ständig und durch viele Jahre in den verschiedenartigsten Werkstätten der Industrie geschult sind, so zwar, dass sie zuletzt dieselbe Erfahrung haben wie die Betriebsbeamten der Producenten und mit diesen die gleiche Befähigung erlangen, beispielsweise den Bessemerprocess zu führen, denken wir sie uns als Körperschaft, welche sich mit allen Mitteln der Wissenschaft ausrüsten kann, die ihr eigenes chemisches Laboratorium, ihre eigene auf breitester Basis ausgerüstete Versuchsanstalt haben kann, für die sogar der ganze Betriebskörper als eine grosse Versuchsanstalt gelten kann, als Körperschaft ferner, welche vermöge ihrer Grösse und gleichartigen, einfachen Verwaltung im Stande ist, ein vollkommenes statistisches Material über die von den gelieferten Producten unter den Ansprüchen des Betriebes entwickelten Eigenschaften zu erhalten, so ist es klar, dass hier leicht und mit verhältnissmässig geringen Kosten etwas allseitig Brauchbares geschaffen werden kann.

Die Durchführung dieser Untersuchungen über das Wesen von Eisen und Stahl würden wir uns nun wie folgt zu denken haben.

Zunächst würde das Rohmaterial für die weitere wissenschaftliche Bearbeitung zu gewinnen und zu sammeln sein. Zu dem Zwecke würden von dem von der Centralverwaltung zu entsendenden Abnahmecommissar die Probeserien aus den von ihm im Werke des Producenten abzunehmenden Materialien ausgesucht und bestimmt werden. Und zwar müsste man hier, da es ja absolut unmöglich ist, das ganze Material eingehend zu prüfen, aus jeder Lieferung etwa zwei bis drei Serien entnehmen *), von denen jede Serie Material enthielte, welches bei differirender chemischer Zusammensetzung, eine möglichst gleichartige mechanische Behandlung erfahren hat, oder dem umgekehrt, bei nahezu gleicher chemischer Constitution, verschiedene mechanische Behandlung zu theil wurde. Denken wir uns den Fall für Bessemerstahlschienen, so würden zwei Chargen zu wählen sein, die aus etwas von einander abweichenden Rohmaterialien und unter verschiedenen Verhältnissen erblasen sind. Von diesen beiden Chargen würden sodann die einzelnen Ingots gezeichnet werden und durcheinander zur Weiterbearbeitung in der Weise gelangen müssen, dass immer abwechselnd ein Block von der einen und ein Block von der anderen Charge zur Bearbeitung kommt. Wesentlichen Aufenthalt in der Fabrikation würde dies Verfahren kaum verursachen, da die Werke ihre Blöcke so wie so mit dem Chargenzeichen versehen. Man würde aber auf diese Weise eine möglichst gleichartige Behandlung der Einzelblöcke leicht und sicher erreichen. Ueber diese Chargen würde man alle Dinge aufzunotiren haben, welche irgend einen Einfluss haben können auf die Qualität der fertigen Schiene, oder welche im Stande sind zu der Aufklärung unserer Cardinalfrage beizutragen. Man würde unter Anderem den Chargengang im Converter, die Giessoperationen verfolgen — die von ziemlich bedeutendem Einflusse sein können — man würde ferner die Weiterverarbeitung betrachten müssen: das Vorschmieden der Blöcke etwa, den Glühprocess, den Walzprocess — beispielsweise, ob eine Schiene kälter, ob heisser gewalzt wurde — man würde ausserdem die Profilverminderung und das Streckungsverhältniss vom Ingot zur fertigen Schiene, den Kolben- (Enden-) fall in Procenten der fertigen Ware u. s. w. in Betracht ziehen müssen, da alle diese Momente geeignet sind, theils direct verändernden Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften des Stahls auszuüben, theils geeignet sind, Aufschlüsse über diese Eigenschaften selbst zu geben. Eine andere Serie von Proben müsste die verschiedenartigen Abstufungen während der Fabrikation umfassen und müsste aus einer vollen Serie der Zwischenproducte von vielleicht nur einer Charge aus jeder Lieferung bestehen. Die mit dieser letzgenannten Serie von Probestücken angestellten Versuche würden selbstredend nicht so sehr im Interesse der Eisenbahnverwaltung als solche, sondern vielmehr im Interesse des Producenten sowol, der ja die aus ihnen erhaltenen Resultate in erster Linie verwerthen kann, als auch im Interesse des Staates liegen, der durch jede Aufklärung über das Wesen und den Werth von Eisen und Stahl indirect gewinnen muss. Für die Lösung unserer Cardinalfrage aber würden gerade diese Serien einen ganz bedeutenden Werth haben, weil sie am besten und klarsten die Veränderungen zeigen, die ein chemisch gleichwerthiges Material durch verschiedenartige mechanische Behandlung erfahren kann.

Würde das Rohmaterial für die weiteren Untersuchungen auf diese Weise gewonnen und durch zweckentsprechende Aufzeichnungen durch einen durchaus sachverständigen Beamten genau fixirt, so kann nunmehr dazu geschritten werden, die Eigenschaften des gewonnenen Materials nach ein und denselben Gesichtspunkten festzustellen. Hierzu würde sich wiederum die vollkommene Einrichtung des Laboratoriums und der Versuchsanstalt der Centralverwaltung besonders geeignet zeigen. Die Probestücke für diese Untersuchungen müssten nun einem Theile der in den Versuchschargen — wenn wir sie so nennen wollen — gewonnenen Materialien entnommen werden. Die Versuche selbst *) müssten

*) Wir denken uns dieses Material als ein dem Fabrikanten zu vergütendes Object, welches aber nichts desto weniger einen pflichtmässig zu liefernden Bestandtheil des ganzen Lieferquantums ausmacht.

*) Es ist augenblicklich nur die Rede von Proben, die zum Zwecke der wissenschaftlichen Enquête dienen sollen. Die Proben, welche zur Controle der Materiallieferungen dienen sollen, könnten nach wie vor unter den Augen und in Gegenwart des Producenten ausgeführt und unbeschadet auf ein Minimum reducirt werden, eben weil die Fabrikation von einem sachverständigen Beamten beaufsichtigt wird; nur müssten sie selbstverständlich der Oberaufsicht der Centralverwaltung unterliegen.

erschöpfend und nach streng wissenschaftlichen, aber längere Jahre bestimmt fixirten Grundsätzen durchgeführt werden und würden sich zunächst auf die physikalischen Eigenschaften des Materials und hieran anknüpfend auf die chemische Zusammensetzung zu erstrecken haben. Wir würden beispielsweise unter die physikalischen Untersuchungen zu rechnen haben: die Zerreissprobe mit Bestimmung der Längen- und Querschnittsänderungen unter wachsender specifischer Belastung und bezogen auf verschiedene Anfangslängen und Querschnitte — um auch hier zunächst die keineswegs klar bekannten Gesetze aufzuhellen — dann Belastungversuche mit dem fertigen ungetheilten Fabrikat, durchgeführt bis zum Eintritt der bleibenden Durchbiegung und bis zum Bruch, unter Anpassung an die Eigenthümlichkeiten des Fabrikates, ferner Torsionsproben, oder Fall- und Schlagproben unter Veränderung der Versuchsgrundlagen, als da sind: Stützweite, Fallgewicht und Fallhöhe, Unterlagen u. s. w. Die Fallproben sind augenblicklich und wol mit Unrecht etwas in Misscredit gerathen. Nach unserer Ueberzeugung geben sie immerhin eine sehr bequeme, rasche Untersuchungsmethode ab, die, wenn sie mit der nöthigen Umsicht und Sorgfalt und von eingeübten Leuten ausgeführt würde, sehr wohl geeignet ist, ein Urteil über die Brauchbarkeit einer Schiene zuzulassen, die ausserdem den Bruch in einer zur Beurteilung der Güte der Materialien sehr geeigneten Weise freilegt und sogar im Stande sein wird, auch ziffermässige Vergleiche zu geben, genügend sicher um Schienen von gleichem Profil oder gleichen statischen Verhältnissen mit einander vergleichen zu können. Diesen Proben würden sich Härteproben anschliessen, d. h. diejenigen Proben, welche zur Feststellung des Härteverhältnisses in dem verwendungsfähigen Zustande des Materials dienen; z. B. die mechanische Probe mittelst Einhieb, die Härteprobe mittelst Magnetismus oder Schleifproben. Man könnte daran anschliessend Aetzproben an den geschliffenen und polirten Profilflächen in Verbindung mit mikroskopischen Untersuchungen der Bruch- und Schliffflächen ausführen. Auch die Bestimmung des specifischen Gewichtes, im fertigen sowie in dem den verschiedenartigen Einflüssen — wie sie beispielsweise durch die Art der Versuche hervorgerufen werden — ausgesetzt gewesenen Material ist nicht zu vergessen, weil sie Aufschluss gewähren kann über gewichtige Gefügeänderungen u. s. w. Endlich würden die Versuche zu folgen haben, welche bei Feststellung derjenigen Eigenschaften von Eisen und Stahl in Frage kommen, die diese Materialien bei weiterer Verarbeitung entwickeln sollen, oder die dieselben zur weiteren Verarbeitung befähigen. Das sind: kalte und warme Biegeproben, Bruchproben, Schmiede- und Schweissversuche u. s. w.

Die chemische Analyse würde demnächst folgen, zu welcher das Material auf leichte Weise aus den Abfallstoffen entnommen werden könnte, die sich bei der Herstellung der Probestücke für die physikalischen Untersuchungen ergeben. Selbstredend brauchte die chemische Untersuchung sich kaum auf alle Körper, welche im Stahl und Eisen enthalten sein können, zu erstrecken, da diejenigen Elemente, welche einen merkbaren Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften haben, ziemlich genau bekannt sind. Es würden also hauptsächlich die folgenden Körper in Frage kommen. Kohle, als chemisch gebundener Kohlenstoff und als mechanisch beigemengter Graphit, Silicium, Mangan, Kupfer, Phosphor, Schwefel und endlich als Controle Eisen. Von allen anderen Körpern würde es genügen, dieselben näher zu bestimmen wenn sie in merkbarer Menge auftreten. Für ein nach grossem Massstabe und nur für den bestimmten Zweck solcher Untersuchungen eingerichtetes Laboratorium kann es nicht schwierig sein, in verhältnissmässig kurzer Zeit eine grosse Reihe genauer Analysen auszuführen, zumal es hier gar nicht so sehr, wie das beispielsweise auf Bessemerwerken stets erwünscht ist, darauf ankommen kann, ob die einzelne Analyse in kürzerer oder längerer Frist vollendet ist.

Um nun die Bestimmung des ökonomischen Werthes der zu prüfenden Materialien vorzunehmen, würde es nöthig sein, dieselben den Einflüssen und Beanspruchungen des Betriebes auszusetzen und ihr Verhalten im Dienst genau zu verfolgen. Sind dieselben, beispielsweise Bessemerstahlschienen, in die Versuchsstrecken verlegt, so würde erübrigen, nunmehr die Einzeldaten genau zu verzeichnen. Man würde z. B. zu notiren haben: die Lage der Schiene in der Strecke, ob dieselbe in der Geraden, in einer Curve, in der Horizontalen oder in der Steigung u. s. w. liegt, man müsste ferner vermerken: die Grösse der Betriebslasten, welche die Schiene im Laufe der einzelnen Zeitabschnitte passiren, dann die Abnutzungen, welche der Schienenkopf während einer bestimmten Zeit erfährt, gemessen durch verschiedene Profilabdrücke und endlich den Zeitpunkt ihrer Ausserbetriebsetzung und die Umstände, welche diese veranlassten. Würde man, nachdem so die einzelnen Beobachtungen über die Schienen geschlossen sind, etwa noch bei solchen Schienen, welche ein ausserordentliches Verhalten im Dienste zeigten, einige der vorhin beschriebenen Versuche wiederholen, so könnte man dadurch auch die Veränderungen, welche die physikalischen und vielleicht auch die chemischen Eigenschaften während des Betriebes erlitten haben, constatiren.

Sind auf diese Weise die Daten aus vielen hunderten von Einzelversuchen gewonnen, so kann man mit Aussicht auf Erfolg an das Unternehmen gehen, durch statistische Arbeiten den Zusammenhang der chemischen Eigenschaften mit den physikalischen und dieser wiederum mit den ökonomischen zu studiren. Man würde im Stande sein, aus dem so gesammelten Material Gruppenausscheidungen zu treffen derart, dass man die Materialien nach den Einzeleigenschaften verschiedenartig gruppirt und den Einfluss einer jeden auf alle übrigen untersucht. Wir würden, um bei dem oben gewählten Beispiele zu bleiben, die Analysen der Bessemerstahlschienen nach wachsenden Procenten des chemisch gebundenen Kohlen-

stoffs oder eines anderen gerade zur Untersuchung stehenden Körpers ordnen, würden den Gehalt an Kohlenstoff als Abscisse, die Gehalte an anderen Körpern sowie die Versuchsresultate aus den Festigkeitsversuchen u. s. w. als Ordinaten auftragen und nun zusehen, ob wir einen gesetzmässigen Zusammenhang entdecken können zwischen irgend einer dieser Eigenschaften und dem Kohlenstoffgehalt. Das wird im Grossen und Ganzen der Fall sein, aber dieses Gesetz tritt noch nicht so klar hervor, dass wir es in Zahlen erfassen können, weil es eben noch andere Körper giebt, welche gleichzeitig einen Einfluss ausüben, der die Wirkungen der Kohle zum Theil aufheben, zum Theil verstärken kann. Um diesen Einfluss zu eliminiren, kann man nun Gruppentrennungen vornehmen, z. B. kann man, ausgehend von der Annahme, dass der Einfluss der Kohle auf die physikalischen Eigenschaften des Eisens innerhalb genügend enger Grenzen ein merklich verschiedener nicht sein wird, zusammenfassen in eine Gruppe alle diejenigen Analysen, welche nahezu einen gleichen Kohlenstoffgehalt haben und nunmehr diese Analysen ordnen nach wachsenden Procenten desjenigen Körpers, dem man den nächst grössten Einfluss nach dem Kohlenstoff zuschreiben würde, also beispielsweise nach dem Phosphor und Mangan. Schwefel und Kupfer schliessen sich leichter aus, weil der Producent schon stets bemüht sein wird, diese Körper aus seinen Materialien nach Möglichkeit fern zu halten, welche wegen ihrer Eigenschaft, das Material rothbrüchig zu machen, den Walzwerksfabrikaten ein schlechtes Ansehen verleihen und somit bei einer Anwesenheit in hohem Masse äusserlich erkennbar sind. Führt man diese Gruppentheilung durch, so wird das Bild schon ein klareres, aber es können immerhin noch wieder Umstände eintreten, welche das Gesetzmässige in ihm verdecken. Diese Umstände werden nunmehr in der mechanischen Behandlung des Materials während des Erzeugungsprocesses zu suchen sein, und man müsste weiter versuchen, durch Gruppentheilung auch diese Einflüsse auszuscheiden, oder aber das Gesetz derselben zu finden.

Aus dem Angeführten wird sicher klar sein, dass man auf diese Weise schliesslich innerhalb jeder Gruppe dahin kommen muss, bestimmte, ziffermässig ausdrückbare Gesetze zu erhalten, welche man sodann combiniren und in ihrem Zusammenhange weiter studiren kann. Aber ebenso klar wird es auch sein, dass man zur Erreichung eines solchen Zieles, wie wir es uns hier gesteckt haben, einer grossen Reihe von guten, sorgfältigen und sehr erschöpfenden Untersuchungen bedarf. Untersuchungen, wie sie in dem Masse von den heute geplanten staatlichen Anstalten sicherlich nicht ausgeführt werden können, aus dem einfachen Grunde nicht, weil diese Versuchsanstalten, sollen sie nicht sehr theure und kostspielige Apparate werden, nur äusserst schwer im Stande sind, mit voller Sicherheit das Material, welches ihren Untersuchungen zu Grunde gelegt wird, oder die Fabrikationsabweichungen, welche während seiner Herstellung vorkommen, genau kennen zu lernen, weil sie ferner nur sehr schwer im Stande sein werden, den weiteren Verbleib d. h. die ökonomischen Eigenschaften der von ihnen untersuchten Materialien zu verfolgen. Das grosse uns vorschwebende Ziel kann einzig und allein nur die Praxis in Verbindung mit der Wissenschaft erreichen und diese auch nur dann, wenn der Staat selbst nicht nur Mittel und Wege dazu hergiebt, sondern auch den Beamten und Gelehrten, welche er zu solchen umfasssenden Untersuchungen heranzieht, Gelegenheit giebt, sich diesen Untersuchungen einzig und allein mit voller Energie und vollem Interesse zu widmen, wenn er ihnen ferner Gelegenheit giebt, vermöge ihrer Stellung durch directen Verkehr mit und in der ausübenden Praxis eingehenden Einblick in alle einschlägigen Verhältnisse zu bekommen und sowol die Interessen des Consumenten als auch diejenigen des Producenten vollkommen erkennen zu lernen.

Hiermit würde im Wesentlichen eine Reihe von Gedanken gegeben sein, welche sich bei Zusammenstellung und vorläufiger Untersuchung einer sehr grossen Reihe von Eisenanalysen Bahn brechen. Sie sind ja lückenhaft und mögen Manches enthalten, was durch Besseres ersetzt werden kann; es wird deswegen nochmals um gütige Nachsicht gebeten, aber hiermit gleichzeitig die Hoffnung ausgesprochen, dass die Ergebnisse des Nachdenkens in gleicher Richtung nicht vorenthalten bleiben möchten.

---

## Das Grundwasser und seine Verwendung zu Wasserversorgungen.

Von **Oskar Smreker**, Ingenieur.

Das auf unserem Planeten befindliche tropfbar flüssige Wasser kommt entweder als „Tagwasser“ unserem physischen Auge direct zur Wahrnehmung oder findet sich als „Grundwasser“, direct unsichtbar, unter dem Terrain, von Schichten verschiedener Mächtigkeit überlagert.

Nachstehende Zeilen sollen weniger bezwecken, eine ausführliche Darlegung der gegenseitigen Verhältnisse von Tag- und Grundwasser zu geben, sondern es sollen lediglich die Resultate der diesbezüglichen wissenschaftlichen Forschungen und Untersuchungen kurz skizzirt werden.

Das Tagwasser bewegt sich entweder in selbstgebildeten wie auch mitunter künstlich hergestellten Gerinnen oder befindet sich in Ruhe in Becken von geringerer oder grösserer Ausdehnung; im ersteren Falle bezeichnen wir diese Wasserläufe als Quellen, Bäche, Flüsse, Ströme oder Canäle; im letzteren Falle sehen wir Tümpel, Weiher, Seen oder Meere.

Die Geologie zeigt uns zur Evidenz, dass auch

das Grundwasser genau in denselben formellen Modificationen auftritt; auch hier finden sich kleine, vollständig individualisirte Wasserläufe, mächtige Ströme und einzelne Becken; nur besteht der Unterschied, dass sich das Grundwasser in den seltensten Fällen als geschlossene, compacte Masse, sondern meist als ein Complex von Wasserfäden bezw. Tropfen finden wird, deren Trägerin eine wasserführende bezw. wasserdurchlässige Erdschicht sein wird.

Jeder sichtbare Wasserlauf lässt sich in seiner Entstehung auf eine oder mehrere Quellen zurückführen, wobei ich mit dem Ausdrucke „Quelle", in seinem gewöhnlich gebrauchten Sinne, jeden ohne künstliche Veranlassung zu Tage tretenden Wasserlauf bezeichne. Was die Entstehung der Quellen anlangt, so kann man heute wol mit positiver Ueberzeugung den Satz aussprechen, dass Quellwasser eben zu Tage tretendes Grundwasser ist, indem Quellen überhaupt nur da entstehen können, wo Grundwasser ist; Grundwasser im Beginne seines Ueberganges zum Tagwasser wird also Quellwasser genannt; damit dürfte dem Streite über die wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Begriffen Grund- und Quellwasser der Boden entzogen sein.

Eine Quelle kann entstehen:

1) Durch zu Tage treten eines individualisirten Grundwasserlaufes; der Fall ist sehr häufig bei scharf eingeschnittenen Seitenthälern, sowie in tiefen Falten geeigneter Abhänge u. s. w.

2) Durch zu Tage treten von Ausläufen eines Grundwasserstromes, veranlasst entweder durch Höhenverhältnisse der Terrain- und Schichtenformation, oder durch nachträgliche Ursachen, wie Erosionen u. s. w., hervorgebrachte Einschnitte in die wasserführende Schicht; man kann ersteres häufig am Fusse von Steilabhängen, auf Hochebenen selbst u. s. w., letzteres an tief eingeschnittenen Flussthälern u. s. w. beobachten.

3) Unterirdische Wasserbecken, also Grundwasserbecken, speisen mit dem Ueberschuss an zugeführtem Wasser ebenfalls Grundwasserläufe, die beim zu Tage treten Quellen bilden; dieselben zeichnen sich vor den unter 1) genannten hauptsächlich durch grössere Nachhaltigkeit und Beständigkeit aus; ich glaube, dass diese Entstehungsart für die meisten sogenannten Hochquellen zutreffen dürfte.

Da die Entstehung der sichtbaren Wasserläufe auf Grundwasser zurückgeführt werden kann, so ist es von Interesse, auf den Process bei der Bildung des letzteren selbst einzugehen. Die niederfallenden atmosphärischen Niederschläge zerfallen in drei Theile: ein Theil davon verdunstet, ein zweiter läuft oberflächlich ab und der dritte Theil versickert in den Boden, wenn dies überhaupt möglich ist. Wie sich die Niederschlagsmenge quantitativ in diese drei Theile theilt, ist für uns nebensächlich.

Das oberflächlich abfliessende Wasser eilt dem nächsten Wasserlaufe zu und erhöht dessen Mächtigkeit; jeder sichtbare Wasserlauf besitzt ein für jeden speciellen Fall genau bestimmbares Niederschlagsgebiet, d. h. eine gewisse Fläche, welche das ganze auf ihr oberflächlich abfliessende Niederschlagswasser sowie alle auf ihr zu Tage tretenden Quellen dem betreffenden Wasserlaufe zuführt.

Das versickerte Wasser sammelt sich auf der ersten, undurchlässigen Schicht, wird also Grundwasser; man sieht schon daraus, dass, wenn die Schichten, welche das Niederschlagswasser zu durchsickern hat, nicht im Stande sind, auf die Qualität desselben einen bedeutenden Einfluss auszuüben, das Grundwasser nahezu chemisch reines Wasser sein muss. Je nach der Gestalt und Beschaffenheit der wasserundurchlässigen und der dieselbe überlagernden wasserführenden Schichten, welche die Trägerinnen des Grundwassers sind, wird sich dasselbe entweder ansammeln, oder in kleineren oder grösseren Wasserläufen, dem Gesetze der Schwere folgend, nach abwärts bewegen. Deshalb findet man auch in den Geschieben des Thales eines jeden oberflächlichen Wasserlaufes in der Regel einen Grundwasserlauf von grösserer oder geringerer Mächtigkeit; wir haben nun die gegenseitige Beeinflussung dieser beiden auf einander zu beleuchten. Hierbei kommt neben den Höhenverhältnissen der beiden Wasserspiegel hauptsächlich die Beschaffenheit des Flussbettes in Betracht; dasselbe wird entweder wasserdurchlässig oder undurchlässig sein.

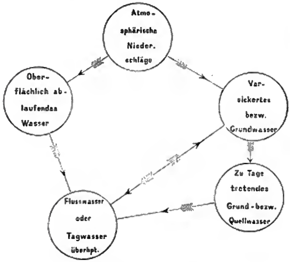
Liegt bei wasserdurchlässigem Bette der Grundwasserspiegel über jenem des Flusses, so wird ein Zuströmen von Grundwasser in den Fluss stattfinden; man sieht deshalb Flüsse in ihrem Laufe oft sichtlich an Wassermenge zunehmen, ohne dass sichtbare Nebenflüsse vorhanden wären. Liegt jedoch bei durchlässigem Bette der Grundwasserspiegel unter dem Niveau des Flusses, so wird das Flusswasser in den Untergrund eintreten, und man sieht dann den Fall, dass Flusswasser zu Grundwasser wird, wobei das Flusswasser auch ganz wesentliche Veränderungen erleidet, indem es die suspendirt enthaltenen Schlammtheilchen wegen der geringen Geschwindigkeit im Untergrunde absetzt, die Temperatur der durchflossenen Schichten annimmt, sowie von der chemischen Beschaffenheit derselben beeinflusst wird. Sinkt der Grundwasserspiegel unter die Sohle des Bettes, dann ist unter den angenommenen Verhältnissen eine Existenz des sichtbaren Wasserlaufes unmöglich, und es wird sich derselbe ganz in Grundwasser umwandeln.

Bei undurchlässigem Bette werden diese gegenseitigen Beeinflussungen jedoch aufhören; in dem Falle, dass der Grundwasserspiegel über dem des Flusses liegt, wird man in der Regel an den Ufern des Flusses an Stellen, wo die wasserführende Schicht zu Tage tritt, eine Reihe von Quellen wahrnehmen können, welche allerdings den Fluss alimentiren. Auch der Grundwasserstrom wird sein bestimmtes Niederschlagsgebiet haben, welches dessen relative Mächtigkeit hauptsächlich bestimmt; die Begrenzung desselben ist vollständig von der Formation und Stratification der wasserführenden, sowie der undurchlässigen Schichten abhängig und

kann, beiläufig bemerkt, als von den oberirdischen Wasserscheiden unabhängig betrachtet werden.

Die hier entwickelten gegenseitigen Verhältnisse der drei Modificationen Grund-, Quell- und Flusswasser lassen sich typisch sehr hübsch durch den nachstehenden Stammbaum darstellen.

Fig. 1




Sehr schöne Beweise und Illustrationen zu vorstehenden, allgemeinen Bemerkungen liefern genaue hydrographische Untersuchungen von Grundwassergebieten, und verweise ich in dieser Beziehung z. B. auf die erst vor einiger Zeit erschienene von Hrn. A. Thiem durchgeführte hydrographische Untersuchung der Umgebung von München, auf welche gestützt er seine Vorschläge für eine zukünftige Wasserversorgung der genannten Stadt formulirt.*)

Nachdem nun die Genesis von Grund- und Flusswasser beleuchtet wurde, erübrigt nur noch der Einflüsse zu gedenken, welche auf die Qualität dieser beiden Modificationen einwirken können.

Das Grundwasser wird beim Entstehen nahezu chemisch reines Wasser sein; dasselbe nimmt jedoch schon beim Durchsickern durch die oberen Schichten organische und unorganische Stoffe an sich; soweit solche jedoch nicht gelöst, sondern nur suspendirt enthalten sind, werden sich dieselben bei der langsamen Bewegung des Wassers in der wasserführenden Schicht absetzen; von wesentlichem Einflusse auf die mineralischen Bestandtheile, welche das Grundwasser schliesslich enthält, ist ferner noch die chemische Beschaffenheit der durchflossenen Schichten; von der grössten Wichtigkeit sind die Verunreinigungen eines Grundwasserstromes durch organische Stoffe, wenn ein solcher unter bebautem Terrain sich befindet bezw. hinwegzieht. Die Temperatur von Grundwasserläufen wird meist nur zwischen relativ engen Grenzen schwanken, weil solche in der Regel von Erdschichten von einiger Mächtigkeit überlagert sind. Die Qualität eines Quellwassers hängt in der Regel lediglich von der jenes Grundwasserstromes ab, dessen Derivat die Quelle ist; das Gleiche gilt von der Temperatur. So lange ein sichtbarer Wasserlauf nur durch Quellen gespeist wird, wird die Qualität seines Wassers von jener der Quellen sich hauptsächlich durch einen geringeren Härtegrad unterscheiden, indem sich die löslichen Bicarbonate theilweise in unlösliche Monocarbonate umsetzen und als solche niedergeschlagen werden. Das oberflächlich abfliessende meteorologische Niederschlagswasser jedoch wird dem Flusse immer bedeutende Mengen fremder Stoffe gelöst oder suspendirt zuführen; je nach der Intensität, welche hauptsächlich von der oberflächlichen Beschaffenheit des Niederschlagsgebietes und der Vertheilung der Niederschlagsmenge abhängt, mit welcher dies geschieht, wird daher auch die dadurch erzeugte Trübung eine grössere oder geringere sein; erst bei fast vollständig verschwindenden Geschwindigkeiten wird ein Absetzen dieser Schlammpartikelchen stattfinden, wie man dies sehr deutlich bei Seen beobachten kann, welche von Flüssen durchzogen werden. Hierzu tritt noch die fast unvermeidliche Verunreinigung von Flüssen durch Einleiten von organische Stoffe in ausgedehntem Masse enthaltendem Abwasser bei bewohnten Ufern u. s. w.

Bezüglich der Temperatur wird sowol Fluss- als Seewasser, letzteres jedoch in geringerem Grade, sich den Temperaturen der verschiedenen Jahreszeiten näher anschliessen, also grössere Schwankungen zeigen. —

Nach diesen einleitenden Bemerkungen kann ich nun zu meinem eigentlichen Thema übergehen.

Sieht man von den Pumpbrunnen, als der ältesten Methode der Grundwasserversorgung ab, und betrachtet nur jene Einrichtungen, wo das nöthige Wasserquantum ausserhalb des zu versorgenden Ortes gewonnen und diesem dann auf eine geeignete Weise zugeführt wird, so kann man hinsichtlich der Wassergewinnung folgende Methoden unterscheiden:

1) Flusswasserversorgungen. Dieselben wurden namentlich früher vielfach und mitunter in sehr grossem Massstabe ausgeführt. In Fällen, wo dieses so gewonnene Wasser nur als Brauchwasser dient, während das Trinkwasser auf eine andere Weise beschafft wird, wobei also die bei Flusswasser stets unvermeidlichen Temperaturschwankungen ziemlich einflusslos sind, treten, abgesehen von dem an und für sich unrationellen Princip einer getrennten Wasserversorgung, die bedeutenden Vortheile der in der Regel ohne Schwierigkeiten auszuführenden Wassergewinnung und der fast absoluten Sicherheit des Wasserbezuges so sehr in den Vordergrund, dass man die Wahl einer solchen Bezugsquelle wohl als gerechtfertigt wird betrachten können. Soll jedoch dieses Flusswasser gleichzeitig als Trinkwasser mit verwendet werden, so kommen gegenüber den qualitativen Nachtheilen, den Schwierigkeiten einer genügenden Klärung und Filtration, der häufigen Unzulänglichkeit solcher Reinigungsvorrichtungen und der bedeutenden Temperaturschwankungen die oben angeführten Vortheile so wenig in Betracht, dass man heute wol nur in den seltensten

*) A. Thiem, Die Wasserversorgung der Stadt München.

Fällen für die Wasserversorgung eines Ortes Flusswasser in Anwendung bringen wird.

2) Seewasserversorgungen. Gegen die Qualität des Seewassers im Allgemeinen wird sich nichts einwenden lassen. Da die Geschwindigkeit des Wassers im See gleich Null gesetzt werden kann, so wird das Wasser von selbst seine Schlammtheilchen absetzen, d. h. den Process der Klärung vornehmen; eine künstliche Filtration wird jedoch trotzdem in den seltensten Fällen zu vermeiden sein. Ferner ist zu erwägen, dass man die Sicherheit des Wasserbezuges aus einem solchen natürlichen Becken nur dann zu gewährleisten im Stande sein wird, wenn man a priori den Nachweis führen kann, dass die mittlere Abflussmenge, durch eine lange Reihe von Jahren bestimmt, das zu entnehmende Quantum übersteigt. Gelingt nun dieser Nachweis, so wird eine Seewasserversorgung, befriedigende Qualität und geringe Temperaturdifferenzen des gewonnenen Wassers vorausgesetzt, stets als rationell zu bezeichnen sein.

3) Ansammlung von Tagwasser durch Thalsperren. Man gleicht die Schwankungen und Unregelmässigkeiten der atmosphärischen Niederschlagsmengen eines gewissen Niederschlagsgebietes durch Anlegung grosser Reservoire aus. Für diese Methode gilt im Grossen und Ganzen das oben Gesagte, nur mit dem Unterschiede, dass der Nachweis eines gesicherten Wasserbezuges in der Regel noch schwerer zu liefern sein wird. Die Gefährlichkeit eines möglichen Dammbruches kann dieser Methode nicht als principieller Vorwurf angerechnet werden. In den wenigsten Fällen wird man jedoch eine zu einer solchen Anordnung geeignete Terrainformation finden, ein Umstand, der die hauptsächlich in Deutschland seltene Anwendung genügend erklärt.

4) Wassergewinnung durch sogenannte natürliche Filtration. Dem Principe dieser Wassergewinnung entsprechend werden an den Ufern eines Flusses parallel zu der Stromrichtung desselben Saugcanäle getrieben, in welche das Flusswasser, beim Durchgange durch die zwischen Fluss und Saugcanal befindlichen Schichten vollständig filtrirt, eintreten und dann daraus entnommen werden soll. Wie es mit dieser Filtration eigentlich bestellt ist, ergiebt die folgende Erwägung. Zunächst wird die Durchlässigkeit des Flussbettes vorausgesetzt, eine Voraussetzung, welche wol nur bei Wasserläufen zutreffen wird, die ihr Bett stetig verändern; behält ein Fluss sein Bett längere Zeit bei, so wird dasselbe einerseits durch abgesetzte Schlammtheile, andererseits durch Niederschlagen von Monocarbonaten vollständig gedichtet, was durch zahlreiche Erfahrungen bei Wasserbauten bestätigt wird.

Den seltenen Fall angenommen, das Flussbett sei durchlässig, so giebt es nur zwei Möglichkeiten: entweder befinden sich zwischen der Fassungsanlage und dem Flusse filtrirende Sandschichten, dann wird der selbstredend im Grundwasser auszuführende Saugcanal wol anfänglich filtrirtes Flusswasser mit Grundwasser gemischt liefern, allein schon nach kurzer Betriebsdauer wird sich die Oberfläche der filtrirenden Schicht, wie man dies aus den bei künstlichen Filtern gemachten Erfahrungen schliessen kann, verschlämmen und dadurch undurchlässig werden; oder es befinden sich zwischen Flussbett und Saugcanal keine filtrirenden Schichten, sondern nur durchlässige Geschiebe. Dann hat man ein Gemisch von unfiltrirtem Fluss- mit Grundwasser, also immer eine Combination von Fluss- mit Grundwasserversorgung, mit allen Nachtheilen der ersteren.

Der Umstand, dass bei Herstellung der Fassungsanlage nur auf filtrirtes Flusswasser gerechnet wurde, hatte zur Folge, dass diese Anlagen keineswegs zur Ausbeutung des Grundwasserstromes geeignet waren. Stellte sich nun das filtrirte Flusswasser nur anfangs ein, so musste beim allmäligen Ausbleiben desselben auch die Ergiebigkeit der Anlage bedeutend nachlassen und sich schliesslich nur mehr auf Förderung von Grundwasser beschränken, welche jedoch aus constructiven Gründen quantitativ nicht befriedigen konnte; daher die Misserfolge aller nach diesem Princip eingerichteten Anlagen. Gegenwärtig darf man wol die auf natürliche Filtration basirenden Wassergewinnungsanlagen als der Vergangenheit angehörend betrachten.

5) Quellwasserleitungen, speciell Hochquellenleitungen. Darunter sollen alle jene Anlagen verstanden werden, bei denen Quellen bei ihrem zu Tage treten gefasst und dem betreffenden Orte zugeführt werden. Der Name Hochquelle stammt daher, weil man stets bemüht war, Quellen in genügender Höhenlage zu finden, welche dann gestattete, das Wasser ohne künstliche Hebung mit entsprechendem Drucke zur Verwendung zu bringen. Solche Quellenleitungen sind vielfach und sogar in sehr grossartigem Massstabe hauptsächlich in neuerer Zeit ausgeführt worden; es hat sich sogar unter den Specialisten auf dem Gebiete der Wasserversorgung eine sehr zahlreiche Partei gebildet, welche nur in der Zuleitung von Quellen die einzig zu empfehlende Wassergewinnung erblickt, und alle anderen Methoden als direct verwerflich hinstellt. Die Vortheile der Qualität und der grossen Temperaturbeständigkeit sind allerdings nicht zu unterschätzen; die Entstehungsgeschichte der Quellen jedoch zeigt, dass man eine Beständigkeit der Quantität gar nie a priori wird beweisen können; selbst durch lange Zeitperioden hindurch fortgesetzte Messungen können uns nur einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit, aber nie positive Gewissheit geben. Die Unvergänglichkeit des Gesteines, dem solche Quellen entspringen, kann gewiss nicht als stichhaltiger Grund für die Ewigkeit der Existenz der letzteren angeführt werden, indem gerade solche Quellen durch Unterwaschungen, Aushöhlungen u. s. w. sehr leicht sich andere Wege bahnen, tiefer sinken und auf diese Weise versiegen können; von Naturereignissen wie Erdbeben, welche solche Veränderungen momentan zu erzeugen im Stande sind, gar nicht zu sprechen. Ferner wird man stets nur auf das durch Messung festgestellte Minimum des Ergusses rechnen dürfen, da fast alle Versuche, die Ergiebigkeit einer solchen Quelle künst-

lich zu vermehren, nur einen sehr kurzen, vorübergehenden Erfolg hatten, der jedoch dann eine nachträgliche bedeutende, dauernde Verminderung der Ergiebigkeit nach sich zog. Zieht man nun die in der Regel sehr bedeutenden Kosten einer solchen Anlage, wie sie durch die Schwierigkeiten bei der Fassung und Zuleitung meist bedingt sind und oft mit dem geförderten Quantum in keinem Verhältnisse stehen, sowie die meist sehr beschränkte Entwickelungsfähigkeit derselben in Betracht, so erscheint das Unternehmen, grosse Quantitäten von Wasser auf diese Weise beschaffen zu wollen, in sehr seltenen Fällen empfehlenswerth.

6) Grundwasserversorgungen. Hierbei soll im Principe nicht der Ausläufer eines Grundwasserstromes, also eine Quelle, gefasst, sondern dem Strome selbst soll das Wasser durch geeignete Anlagen entnommen werden. Schon der erste Blick zeigt, dass auf diese Weise die Wahrscheinlichkeit für die Sicherheit des Bezuges eine ungleich grössere ist, dass diese Methode also die qualitativen Vortheile der Quellen und in noch höherem Grade deren Temperaturbeständigkeit mit der Sicherheit des Wasserbezuges bei Flüssen verbindet, ohne die Nachtheile der einen oder anderen dieser Methoden zu besitzen. Ferner ist der Umstand wohl zu berücksichtigen, dass man trotz der wegen schädlicher Infiltrationen, welche in der Nachbarschaft von bebauten Orten u. s. w. unvermeidlich sind, erforderlichen Vorsicht, noch immer einen ziemlich bedeutenden Spielraum bezüglich der Orte haben wird, wo das nöthige Wasser dem Grundwasserstrome entnommen werden kann. Gewöhnlich wählt man diesen Bezugsort ziemlich tief, um eben wegen der Beständigkeit der Quantität eine grössere Sicherheit gewährleisten zu können; würde man Grundwasser in genügender Höhe erschliessen, so würde ein so gewonnenes Wasser selbst von den eifrigsten Anhängern der Quellenleitungen nicht anders als mit „Hochquelle“ bezeichnet werden können. Die Voreingenommenheit von Laien gegen Grundwasserversorgungen lässt sich wol hauptsächlich darauf zurückführen, dass man gewöhnt ist, die Beschaffenheit des unter einem dicht bebauten Orte hinwegfliessenden, im engsten Contacte mit Cloaken, Senk- und Versitzgruben u. s. w. befindlichen Grundwassers gleich auf die ganze Gattung von Grundwasserströmen auszudehnen; die principielle Abneigung eines grossen Theiles der Wasserversorgungstechniker gegen Grundwasserversorgungen, vereint mit dem Umstande, dass gerade die wärmsten Vertheidiger der Quellenleitungen meist auch die heftigsten Gegner der Grundwasserversorgungen sind, legt fast die Vermuthung nahe, dass man sich einer vorurteilsfreien Betrachtung der Vorgänge bei der Quellenbildung in diesen Kreisen vorsätzlich verschliesst.

Da die Qualität des Grundwassers im Allgemeinen wol zweifellos ist, Misserfolge bei einigen derartigen Anlagen sich jedoch in allen Fällen auf Fehler in der Anlage zurückführen lassen können, ferner eine ganze Reihe richtig angelegter Grundwasserfassungen mit bestem Erfolge betrieben wird, so gipfeln die Angriffe der Gegner meist in dem Vorwurfe, dass man bei Entnahme einigermassen bedeutender Quantitäten die Sicherheit des Bezuges a priori nicht nachzuweisen im Stande sei; man stellt die Anschauung auf, dass das Grundwasser ein Becken bilde, dass man das Verhältniss des Zuflusses in das Becken zum Abfluss aus demselben kennen müsse, dass zur Bestimmung dieses Zuflusses jedoch eine genaue Kenntniss des Niederschlagsgebietes, der Versickerungsmenge, der Art der Bebauung u. s. w. nöthig sei, Factoren, deren Ermittelung im speciellen Falle allerdings sehr schwer, wenn nicht gar undurchführbar sein dürfte; man steht keinen Augenblick an, eine theoretische Behandlung dieses Gegenstandes für unmöglich zu erklären, oder dahin zielenden Versuchen gar durch Verleihung des Attributes „eines akademischen Charakters“ den Stempel der praktischen Unbrauchbarkeit aufzudrücken. Ich glaube diesen Anschauungen, wenn auch gänzlich objectiv, so doch deshalb nicht minder wirksam entgegentreten zu können, wenn ich auf die Bestimmung der Durchflussmenge eines Flusses in einem bestimmten Profile hinweise. Dieselbe hängt, wie wir wissen, zunächst von denselben Factoren ab wie die Mächtigkeit eines Grundwasserstromes, nur treten dazu noch die Zuflüsse an Tagwasser und Alimentationen durch unabhängige Grundwasserströme u. s. w., Factoren, die noch schwerer zu bestimmen sind als die oben angeführten; dennoch wird es heute keinem Menschen einfallen, die Durchflussmenge in einem bestimmten Profile anders als aus mittlerer Geschwindigkeit und den Querschnittsverhältnissen bestimmen zu wollen.

Das Vorhandensein unterirdischer Wasserläufe ist nun evident; ebenso wird eine Grundwasserversorgung nur dann rationell genannt werden können, wenn sie das Wasser einem Strome und nicht einem Grundwasserbecken entnimmt; man wird es also immer mit der Bestimmung der Durchflussmengen bei Grundwasserläufen zu thun haben; nun sollte man es meiner Ansicht nach doch für möglich halten, die zur Beurteilung der Durchflussmenge und damit die zur Bestimmung des im Maximum zu entnehmenden Wasserquantums nöthigen Elemente wie Geschwindigkeit und Querschnittsverhältnisse auf irgend eine Weise zu bestimmen, umsomehr als sich dazu wahrscheinlich mehr als eine Methode wird finden lassen, wie wir auch zur Bestimmung dieser Elemente für gewöhnliche Wasserläufe die verschiedensten Methoden und Apparate bereits kennen.

Damit im nächsten Zusammenhange steht allerdings die Frage, ob und in welcher Weise man sich von vorn herein Schlüsse auf die Ergiebigkeit einer auszuführenden Quellfassungsanlage erlauben darf, wobei ich die Bezeichnung „Quellfassung“ auch auf jene Vorkehrungen ausdehne, welche zur Erbeutung von Grundwasser dienen. So lange diese beiden Fragen, die Bestimmung der Durchflussmenge eines Grundwasserstromes in einem gewissen Profile und der Ergiebigkeit einer auszuführenden Quellfassungsanlage nicht im positiven Sinne

unzweifelhaft entschieden sind, so lange wird man jede Quellfassungsanlage in wissenschaftlicher Beziehung als einen Versuch auf das „Gerathewohl" hin betrachten müssen, ein Vorwurf, der übrigens die Fassungsanlagen von Quellen in noch höherem Grade trifft. Wie solche Versuche mitunter ausfallen, sieht man aus einer Reihe von Hochquellenleitungen, natürlichen Filtrationsanlagen, die nachher eigentlich Grundwasserversorgungen wurden u. s. w., welche sämmtlich den in Bezug auf Ergiebigkeit an sie gestellten Ansprüchen nicht im Entferntesten gerecht geworden sind. —

Zur Beantwortung dieser beiden oben berührten Fundamentalfragen ist es zunächst unerlässlich, das Gesetz für den Widerstand zu kennen, welchen das Wasser bei seiner Bewegung im Untergrunde, d. h. in der wasserführenden Schicht findet; ferner erfordert dieselbe die Kenntniss der Beziehungen zwischen der Absenkung des Grundwasserspiegels und der dabei erzielten Ergiebigkeit der Anlage, des Einflusses der Dimensionen einer solchen, speciell der Tiefe, bis auf welche die Quellfassungsanlage reicht, des Einflusses der dem Grundwasserstrom eigenthümlichen Geschwindigkeit auf Ergiebigkeit und Absenkung u. s. w.

Dass die dringende Nothwendigkeit der Lösung dieser Fragen bereits seit langer Zeit von competenter Seite erkannt wurde, geht aus mehreren experimentellen Versuchen und theoretischen Ueberlegungen hervor, die von einzelnen Ingenieuren, welche sich speciell mit Wasserversorgung beschäftigt haben, zur Aufklärung über einzelne dieser oben angeführten Specialfragen angestellt worden sind. In der mir zugänglichen, technischen Literatur habe ich über diese Fragen drei Arbeiten gefunden, welche, da deren allgemeine Kenntniss nicht vorausgesetzt werden kann, soweit erforderlich, im Nachstehenden kurz resumirt und etwas beleuchtet werden sollen.

1) Darcy*) leitet experimentell ein Gesetz für die Ergiebigkeit künstlicher Filter ab, also für den Widerstand, welchen das Wasser beim Durchgange durch ein solches künstliches Filter findet.

Bezeichnet:

$F$ den constanten Filterquerschnitt;

$e$ die Dicke bezw. Höhe des Filters;

$H$ die Differenz der beiden Wasserspiegel über und unter dem Filter; d. h. die zum Durchtreiben des Wassers nöthige Druckhöhe, da wegen der geringen Geschwindigkeiten die zur Erzeugung derselben erforderlichen Druckhöhen vernachlässigt werden konnten;

$Q$ die pro Zeiteinheit filtrirte Wassermenge;

$k$ einen von der Durchlässigkeit und Beschaffenheit des Filtermaterials abhängigen constanten Coefficienten,

so fand Darcy aus einer Reihe mit Filtern verschiedener Grösse und Druckhöhe angestellter Versuche, dass zwischen obigen Grössen die Relation besteht:

$$H = \frac{Q e}{k F}$$

oder

$$Q = k \frac{H}{e} F \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Bezeichnet ferner

$\mu$ das Verhältniss zwischen dem effectiven freien Durchflussquerschnitte $F_1$ zum Filterquerschnitt $F$;

$v$ die mittlere Geschwindigkeit im Filter,

so folgt:

$$H = \frac{Q}{F_1} \cdot \frac{e \mu}{k}$$

oder

$$H = v \left(\frac{\mu}{k}\right) e \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

d. h. die beim Durchgange eines gewissen Wasserquantums mit einer Geschwindigkeit $v$ durch ein Filter von der Höhe $e$ verlorene Druckhöhe $H$ ist proportional der ersten Potenz der Geschwindigkeit, ferner proportional der Länge des Weges d. h. der Höhe des Filters und proportional einem von der Natur des Materials abhängigen Coefficienten $\left(\frac{\mu}{k}\right)$.

2) Dupuit*) betrachtet die Widerstände bei der Bewegung des Grundwassers im Untergrunde und gelangt zu demselben Gesetze, jedoch durch folgende Ueberlegung: Er nimmt an, das Grundwasser bewege sich in einzelnen Fäden in Canälen von constantem Querschnitte; bezeichnet nun

$\frac{h}{l}$ das auf die Länge $l$ des Grundwasserlaufes zur Ueberwindung der Bewegungswiderstände nöthige Gefälle;

$F$ den Querschnitt eines solchen kleinen Canals;

$u$ dessen benetzten Umfang;

$v$ die vorhandene mittlere Geschwindigkeit;

$\alpha$ und $\beta$ zwei constante Coefficienten, deren Zahlenwerthe man in der Regel zu:

$$\alpha = 0{,}000018, \quad \beta = 0{,}000348$$

annehmen kann,

so folgt nach den Lehren der praktischen Hydraulik:

$$\frac{h}{l} = \frac{u}{F} (\alpha v + \beta v^2).$$

Nun vernachlässigt Dupuit die zweite Potenz der Geschwindigkeit gegenüber der ersten, und indem er noch zur Abkürzung

$$\frac{u}{F} \alpha = \lambda$$

setzt, erhält er:

$$\left(\frac{h}{l}\right) = \lambda v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

was mit dem Darcy'schen Gesetze vollständig identisch ist. Von diesem Gesetze ausgehend berechnet dann Dupuit die Ergiebigkeit artesischer Brunnen, auf die ich jedoch nicht weiter eintrete.

*) Darcy: Les fontaines publiques de la ville de Dijon.

*) Dupuit: Traité théorique et pratique de la conduite et de la distribution des eaux.

3) Herr A. Thiem*) legt das Darcy-Dupuit'sche Gesetz als richtig zu Grunde, verallgemeinert zunächst dasselbe auch auf Filter von variablem Querschnitte, den er jedoch als Function des Abstandes $x$ von der obersten Filteroberfläche gegeben annimmt, also

$$F_x = f(x);$$

für das Element wird die Filterdicke

$$e = dx$$

zu setzen sein; folglich erhält man unter Beibehaltung der früheren Bezeichnungen, wenn $h_x$ den bis zum Querschnitte $F_x$ im Abstande $x$ von der Filteroberfläche verbrauchten Theil der Gesammtdruckhöhe bezeichnet:

$$h_x = \frac{Q}{k} \cdot \int_0^x \frac{dx}{f(x)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Im Weiteren behandelt Thiem analog wie Dupuit die artesischen Bohrlöcher und untersucht dann die diesbezüglichen Verhältnisse bei Schachtbrunnen und Filtergalerien. Da ich im Nachstehenden die Gleichung für die Depressionscurven bei Schachtbrunnen noch sehr ausführlich behandeln werde, so brauche ich jetzt darauf nicht näher einzutreten.

Alle genannten Autoren setzen die durch die Bewegungswiderstände in der durchlässigen Schicht verlorene Druckhöhe proportional der ersten Potenz der Geschwindigkeit, proportional der Länge des Weges und proportional einem constanten, also von der Geschwindigkeit unabhängigen Coefficienten. Mich dünkt diese Annahme nicht unumstösslich feststehend und zwar aus folgenden Gründen:

Die Experimente Darcy's erstrecken sich nur auf Filter; die Geschwindigkeiten, welche erzeugt wurden, waren durchgehends sehr klein und schwankten nur zwischen engen Grenzen; dies, vereint mit der Erwägung, dass der Process bei Filtern doch etwas verschieden sein dürfte von der Bewegung im Untergrunde, legt Zweifel nahe an der Zulässigkeit einer Anwendung dieses Specialgesetzes für die Filterergiebigkeit auf die Bewegung des Wassers im Untergrunde.

Dupuit nimmt die dem Grundwasser eigenthümliche Geschwindigkeit so klein an, dass er sich erlaubt die zweite Potenz derselben zu vernachlässigen; für die eigene Bewegung im Untergrunde wird dies wol zutreffen; betrachtet man jedoch einen Schachtbrunnen, so wird man sehen, dass bei continuirlicher Entnahme beträchtlicher Wassermengen die Eintrittsgeschwindigkeit des Grundwassers in den Brunnen eine sogar sehr bedeutende sein kann.

Die weitere Annahme Dupuit's, die Grundwasserfäden bewegten sich in Canälen constanten Querschnittes, scheint durch die Erwägung unzulässig, dass solche Canäle vielmehr als regellose Reihen von auf einander folgenden Hohlräumen aufzufassen seien, die Durchflussquerschnitte hierbei sich also bald plötzlich erweitern, bald ebenso rasch verengen werden.

*) A. Thiem: Ueber die Ergiebigkeit artesischer Bohrlöcher, Schachtbrunnen und Filtergalerien.

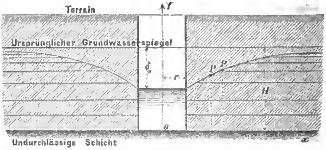
(„Journ. für Gasbel. u. Wasservers. 1870, Juli.)

Schliesslich will ich, um die Unrichtigkeit dieses Darcy-Dupuit'schen Gesetzes klarzulegen, noch nachzuweisen suchen, dass die Thiem'sche Gleichung der Depressionscurven bei Schachtbrunnen, welcher dieses Gesetz zu Grunde liegt, gar nie eine solche Depressionscurve wirklich darstellen kann.

Entnimmt man einem Schachtbrunnen continuirlich ein gewisses Wasserquantum pro Zeiteinheit, so wird sich der Wasserspiegel im Brunnen absenken; infolge der Continuität wird Wasser von allen Seiten in den Brunnen dringen, um diese Entnahme auszugleichen. Angenommen, es sei der Untergrund vollständig homogen, so muss sich bei eingetretenem Beharrungszustande der Grundwasserspiegel in einer Rotationsfläche einstellen, deren Axe mit der Brunnenaxe zusammenfällt und deren Meridiancurve die Depressionscurve genannt wird. Hr. Thiem legt seiner Entwickelung einen bestimmten Depressionsradius zu Grunde, d. h. er nimmt an, dass in einer gewissen Entfernung $R$ vom Brunnenmittel die Depression verschwindet; die Continuität des Wassers lässt jedoch eine solche Annahme nicht zu, sondern es muss als evident angesehen werden, dass bei einem unbegrenzten Grundwasserbecken sich der abgesenkte Grundwasserspiegel asymptotisch an den ursprünglichen anschliessen muss, indem die Annahme eines plötzlichen Knickes, welcher beim Verschwinden der Depression in endlicher Entfernung vom Brunnenmittel entstehen müsste, als unbedingt ausgeschlossen zu betrachten ist. Bildet das Grundwasser jedoch ein nach allen Richtungen hin abgeschlossenes Becken, so muss die Depression sich bedingungslos in jeder Richtung bis zur Grenze hin erstrecken.

Die Ableitung der Thiem'schen Fundamentalgleichung für Schachtbrunnen geschieht auf folgende Weise:

Fig. 2




Beistehende Figur möge den typischen Querschnitt durch einen bis auf die undurchlässige Schicht abgeteuften Schachtbrunnen darstellen; es sei:

$r$ der Brunnenradius;

$Q$ das pro Zeiteinheit dem Brunnen continuirlich entnommene Wasserquantum;

$\delta_0$ die Absenkung des Grundwasserspiegels im Brunnen selbst;

$H$ die Mächtigkeit der wasserführenden Schicht, gemessen zwischen der Oberkante der undurchlässigen

Schicht und dem ursprünglichen Grundwasserspiegel (dieselbe wird für das ganze Becken als constant betrachtet).

Das Coordinatensystem wird so gewählt, dass die Brunnenaxe als Ordinaten- und die Oberkante der undurchlässigen Schicht als Abscissenaxe erscheinen.

Ferner wird der ganze Untergrund als homogen betrachtet und die Eigenbewegung des Grundwassers vernachlässigt.

Geht man vom Punkte $P'$ der Depressionscurve zum unendlich benachbarten $P$ über, so ergiebt sich zwischen diesen beiden Punkten ein Druckhöhenverlust $dy$; derselbe soll unter Vernachlässigung des auf die Erhöhung der Geschwindigkeit verwandten Theiles lediglich zur Ueberwindung der Widerstände verbraucht werden, welche der Bewegung des Wassers durch den Hohlcylinder von dem Radius $x$ und der Dicke $dx$ entgegenstehen; die Mantelfläche dieses Cylinders ist:

$$F_x = 2\pi x y,$$

es muss also nach dem Darcy-Dupuit'schen Gesetze die Relation bestehen:

$$dy = \frac{Q}{k} \cdot \frac{dx}{2\pi x y},$$

dies ist die Differentialgleichung der Depressionscurve, welche man auch in der bequemeren Form schreiben kann:

$$2y\,dy = \frac{Q}{\pi k} \cdot \frac{dx}{x}.$$

Daraus folgt durch Integration:

$$y^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln x + C \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

als die Gleichung der Depressionscurve, welche demnach eine logarithmische Curve sein müsste.

Zur Bestimmung der Integrationsconstanten $C$ ergeben sich nach der Natur der Sache die beiden folgenden Wege:

a) Von den Eintrittswiderständen des Wassers an der Brunnenlaibung abgesehen muss für $x = r$ der Wasserstand im Brunnen $y_{x=r} = H - \delta_0$ werden, also daraus:

$$C_a = (H - \delta_0)^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln r \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

b) Wie wir früher inductiv geschlossen haben, dass ein Depressionsradius nicht existiren könne, zeigt uns auch die Differentialgleichung, dass die obige Curve sich nur im Unendlichen an den ursprünglichen Wasserspiegel auschliessen könnte, indem der Werth der ersten Ableitung

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Q}{2\pi k} \cdot \frac{1}{xy}$$

nur für unendlich grosse Werthe von $x$ verschwindet; es muss demnach sein für

$$x = \infty$$
$$y_{x=\infty} = H,$$

daraus bestimmt sich die Constante

$$C_b = H^2 - \infty \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Abgesehen davon, dass diese beiden auf verschiedene Weise bestimmten Constanten unter sich absolut in keinen Zusammenhang zu bringen sind, zeigt uns die letzte Gleichung (7) noch speciell, dass die oben abgeleitete logarithmische Curve selbst nicht einmal im Endlichen sich an den ursprünglichen Grundwasserspiegel anlegt, sondern denselben einfach in der Entfernung

$$x = e^{\pi k \frac{H^2 - C}{Q}}$$

unter einem Winkel $\alpha$ schneidet, der sich aus der Relation bestimmt:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Q}{2\pi k} \cdot \frac{1}{H \cdot e^{\pi k \left(\frac{H^2 - C}{Q}\right)}}.$$

Diese logarithmische Curve kann daher die Depressionscurve keinesfalls darstellen, mithin kann das der Entwickelung zu Grunde gelegte Darcy-Dupuit'sche Gesetz für die Widerstände bei der Bewegung des Wassers im Untergrunde auf keinen Fall richtig sein.

Damit ist nun allerdings auch festgestellt, dass die Behauptung der Gegner von Grundwasserversorgungen, man sei augenblicklich noch nicht in der Lage, das Quantum des einem Grundwasserstrome in einem gewissen Profile im Maximum zu entnehmenden Wassers a priori mit positiver Sicherheit anzugeben, vorläufig nicht bestritten werden kann.

Ich schliesse mit der Bemerkung, dass vorliegende Arbeit die Einleitung bildet zu einer Entwickelung eines Widerstandsgesetzes für die Bewegung des Grundwassers*), einer ausführlichen Theorie der gebräuchlichen Quellfassungsanlagen und der Entwickelung einer Methode zur Bestimmung der Durchflussmenge eines Grundwasserlaufes in einem bestimmten Profile.

*) Diese Entwickelung ist infolge eines Missverständnisses bereits vorher im vorigen Jahrgange, S. 117 d. Z. abgedruckt worden, während die vorstehende Einleitung zurückgelegt wurde. D. Red. (R. Z.)

# Ueber die Entphosphorung des Roheisens, namentlich über die Entphosphorung im Converter.

Von **A. Pourcel**, Chef-Ingenieur der Stahlschmelzerei in Terre-noire.

(Vorgetragen in der Sitzung der Société de l'Industrie minérale vom 7. Juni 1879.)

In dem Meeting des Iron- and Steel-Institute, welches im September 1878 zu Paris stattfand, legten die englischen Chemiker Herren Thomas und Gilchrist eine Abhandlung über die Frage der Entphosphorung im Bessemerconverter vor, welche aus Mangel an Zeit nicht verlesen wurde und, so zu sagen, unbeachtet blieb. Zwar brachten einige englische und amerikanische technische Zeitschriften Auszüge aus der Arbeit der Herren Gilchrist und Thomas, dieselbe wurde aber in Frankreich erst bekannt und zog erst die Aufmerksamkeit

der Hüttenleute auf sich, nachdem Hr. Grüner eine eingehendere Beleuchtung derselben in der Sitzung vom 28. November der Société d'Encouragement gegeben hatte.

Veranlasst durch diese Darstellung des neuen Entphosphorungsverfahrens, welche in den letzten Nummern der „Annales des Mines" etwas eingehender veröffentlicht worden war, schrieb ich an unseren verehrten Meister: „dass ich, gleich ihm, die chemische Aufgabe der Entphosphorung im Converter für gelöst halte, dass mir aber die praktische Einführung noch nicht sehr gesichert scheine. Die Entphosphorung des Metalls könne erst nach der Entkohlung stattfinden, man müsse deshalb die Operation weiter treiben und mit dem Blasen auch nach dem Verschwinden des Spectrums beträchtlich lange fortfahren, und folglich eine ziemlich grosse Quantität von Eisenoxyd im Bade auflösen, dessen Reduction durch den Zusatz von mehr oder weniger reichem Spiegeleisen die grosse Unbequemlichkeit von Explosionen in dem Converter darbiete. Es war in der That meine Meinung, dass die Entphosphorung erst beginne, wenn sich nur noch geringe Mengen von Kohlenoxydgas in dem Bade bildeten, und dass, wenn Hr. Tessié du Motay, dessen Erfahrungen Hr. Grüner anführt, in einem basischen magnesiahaltigen Gefäss und mit basischer Schlacke nicht entphosphorn konnte, dies nur darin gelegen habe, dass er in seinem Apparate ein Metall mit weniger als 1,5 bis 2 pCt. Kohlenstoffgehalt nicht flüssig erhalten konnte. So lange Kohlenoxydgas in den chemischen Reactionen dominirt, kann der Phosphor, dessen Ausscheidung einen energisch oxydirenden Einfluss verlangt, kein Eisenphosphat bilden. Uebrigens war es wohl bekannt, dass man im Hohofen selbst mit extrabasischer Schlacke niemals eine Entphosphorung erzielte, weil man in einem reducirenden Medium arbeitete." —

Dies schrieb ich am verflossenen 13. December. Ich kam auf die theoretische Thatsache, welche ich im Mai 1877 der Société de l'Industrie minérale bezeichnet hatte, zurück, als ich über die Entphosphorungsversuche des Hrn. Lowthian Bell berichtete: „Dass man neben dem Einfluss der chemischen Zusammensetzung der Schlacke auch die reducirende Wirkung des Kohlenoxyds bei allen denjenigen Operationen berücksichtigen müsse, bei denen man gleichzeitig Entphosphorung und vollständiges Feinen, d. h. ein weiches, entphosphortes Metall in flüssigem Zustande erhalten will."

Die freie oder die durch die Menge der Basen nicht vollständig neutralisirte Kieselsäure zersetzt das Eisenphosphat und macht die Phosphorsäure frei, welche sogar bei Abwesenheit von Kohlenstoff oder Kohlenoxyd durch das Eisen selbst zersetzt wird und Phosphoreisen bildet. Ist aber die Kieselsäure neutralisirt oder sogar vollständig abwesend, so wird das Eisenphosphat schon bei einer mässigen Temperatur und noch viel mehr bei der Temperatur der metallurgischen Operationen, bei welchen man ein weiches flüssiges Metall (eingeschmolzenes Eisen) erhält, nicht zersetzt, sondern reducirt und als Phosphoreisen von dem Metallbade aufgelöst. Wenn also der Phosphor schon vorher als Phosphoreisen existirt, so wird er in dieser Verbindung bleiben und wird sich in dem geschmolzenen gefeinten Eisen concentriren.

Aber, wird man sagen, wie ist man praktisch dahin gekommen das Roheisen zu entphosphorn, indem man ihm schnell 70 bis 80 pCt. von dem darin enthaltenen Phosphor entzog, ohne seinen Gehalt an Kohlenstoff wesentlich zu vermindern? Das ist eine ganz andere Frage, auf die ich später antworten werde.

Ich kehre zu dem Thomas und Gilchrist'schen Verfahren zurück. Wie schon gesagt, ist dieses Verfahren, nachdem es im verflossenen September unbeachtet vorübergegangen war, durch neue Erfahrungen vervollständigt mit einem unerhörten Aufsehen auf dem letzten Meeting des Iron and Steel-Institute (am 7. bis 9. Mai zu London) wieder erschienen.

Ich werde die theoretische Grundlage desselben in einigen Worten skizziren. Um aus phosphorhaltigem Roheisen ein hämmerbares geschmolzenes Metall zu erhalten, muss man dasselbe in einem neutralen Medium feinen, welches dem Eisenoxyd gegenüber keine Rolle, weder als Basis noch als Säure spielt, über eine energische Oxydation verfügen und dieselbe so lange fortsetzen, bis sie den reducirenden Einfluss des Kohlenoxydgases aufhebt, welches durch die gegenseitige Einwirkung von Eisencarburet und Eisenoxyd entsteht.

Der Siemens-Martin-Ofen erfüllt die angeführten Bedingungen nicht, auch nicht der Pernot-Ofen; der Forno-Convertisseur-Ponsard und besonders der Bessemerconverter sind die einzigen Apparate, welche sie in sich vereinigen.

Die Erfahrungen der Herren Thomas und Gilchrist sind in feststehenden oder beweglichen Bessemerconvertern gemacht worden. Die Geschichte derselben, welche im Iron- and Steel-Institute beschrieben ist, werde ich hier nicht wiedergeben, sondern mich damit begnügen, das praktische Resultat derselben zu beleuchten, indem ich eine detaillirte Beschreibung einer Charge, der ich auf den Eisenwerken von Bolckow & Vaughan in Eston beigewohnt habe, gebe. Diese Charge wurde von Hrn. Richards geleitet.

Der betreffende Converter war mit einem basischen Futter ausgekleidet, bestehend aus gebrannten, abgerichteten Steinen, die man aus magnesiareichen Dolomiten und Wasserglas bereitet hatte.

Diese Steine enthalten:

| | | |
|---|---|---|
| $SiO_3$ | = | 9,50 |
| $CaO$ | = | 50,21 |
| $MgO$ | = | 21,50 |
| $Al_2O_3$ | = | 10,00 |
| $Fe_2O_3$ | = | 4,46 |
| $NaO$ | = | 4,00 (ungefähr) |
| | | 99,71. |

Der Converter war mit einem durchlöcherten festen Boden versehen, da es bis jetzt nicht gelungen ist, auswechselbare Pfeifen aus Dolomit herzustellen. Er würde

für die Verarbeitung von Chargen von 8ᵗ Hämatit genügt haben, während bei der Verarbeitung von Cleveland-Roheisen die Charge nicht über 5600 bis 6000ᵏ im Maximum betrug.

Protokoll der Charge No. 2. Dieselbe wurde am 13. Mai zwischen 12 und 1 Uhr geblasen. Das Gewicht des in den Converter abgestochenen Roheisens betrug ungefähr 6ᵗ. Es war graues, im Cupolofen umgeschmolzenes Cleveland-Roheisen, enthaltend:

$$Si = 3{,}030$$
$$C = 3{,}200$$
$$P = 1{,}800$$
$$S = 0{,}030$$
$$Mn = 0{,}450.$$

Man fügte dem Roheisen 20 pCt., also etwa 1200ᵏ von einem schwammartig aussehenden Gemisch aus Kalk und Eisenoxyd bei. Dasselbe bestand aus Stücken etwas grösser als eine Nuss, war vorher zusammengefrittet und vorgewärmt.

Das Gemisch enthielt:

$$SiO_3 = 1{,}000$$
$$CaO = 60{,}000$$
$$Fe_2O_3 = 31{,}890$$
$$CO_2 = 6{,}400$$
$$99{,}290.$$

Als man den Converter aufrichtete, bemerkte man eine kurze, von schwachen Funken begleitete Flamme, welche im Spectroskop alle Linien des vollständigen Bessemerspectrums zeigte. Diese Flamme entsteht durch die Zersetzung der geringen Quantität $CO_2$, welche das nicht genügend calcinirte Reagens noch enthält. Nach 1½ Minuten verlässt eine dichte Funkenmenge den Converter, alle Linien des Sprectrums verschwinden. Die Windpressung zeigt 120ᶜᵐ Quecksilber. Nach 7 Minuten zeigt sich die gelbe Natronlinie und das Spectrum ist 30 Secunden später vollständig. Die erste Periode dauert demnach 7 Minuten 30 Secunden.

Auch die zweite Periode dauert genau 7½ Minuten. Sie ist weder von aussergewöhnlich heftigem Kochen, noch von starken Auswürfen begleitet. Um letztere zu vermeiden, hat man das Gewicht geringer genommen als das der normalen Hämatit-Chargen.

Nach 7½ Minuten in der zweiten Periode ist das Spectrum bis auf die gelbe Linie verschwunden; man bläst noch anderthalb Minuten und legt den Converter um, um Proben zu nehmen, welche man sofort hämmert, härtet und bricht, um nach der Sprödigkeit und dem Aussehen des Korns auf die noch im Metalle enthaltene Menge Phosphor zu schliessen.

Die erste Probe ist spröde und grob krystallinisch. Das Metall enthält 0,730 Phosphor.

Man richtet den Converter wieder auf und bläst etwa 30 Secunden. Die Probe No. 2 wird alsdann genommen. Sie ist brüchig und krystallinisch. Phosphorgehalt 0,458.

Man bläst von neuem weitere 15 Secunden, man kippt um und nimmt eine dritte Probe, welche auch noch brüchig und krystallinisch ist. Das Metall der dritten Probe enthält 0,334 Phosphor.

Nachdem man nochmals 15 Secunden geblasen hat, erweist sich das Metall noch immer zu phosphorhaltig. Die Probe No. 4 enthält in der That 0,210 Phosphor.

Endlich, nach weiteren 10 Secunden, ist die Charge beendigt. Die Probe No. 5 zeigt ein weisses feinkörniges Metall, welches man für genügend entphosphort hält. Die Analyse ergab 0,14 Phosphor.

Die Unterbrechungen zum Zwecke der Probeentnahmen beanspruchten 18 Minuten.

Man fügte 10 pCt. im Cupolofen geschmolzenes Spiegeleisen bei. Dasselbe enthielt:

$$Mn = 17 \text{ pCt.}$$
$$P = 0{,}163 \text{ „}$$

Als man kaum den vierten Theil des Inhaltes der Spiegeleisenpfanne zugesetzt, brach eine lange Flamme, begleitet von heftigen Schlackenauswürfen, aus dem Halse des Converters hervor. Man unterbricht den Zusatz von manganhaltigem Eisen und nimmt ihn zwei oder drei Mal wieder auf, um so alles Spiegeleisen zusetzen zu können. Dabei wurde der grösste Theil der Schlacke aus dem Converter ausgeworfen.

Nachdem das Metall aus dem Converter in die Giesspfanne gegossen war, fuhr es fort noch 2 bis 3 Minuten zu kochen. Es schäumte und stieg heftig in den Coquillen. Es schien weicher und weniger heiss zu sein als das der vorhergehenden Charge, welche sich im Ganzen gut gegossen hatte.

Hier folgt seine chemische Zusammensetzung:

$$C = 0{,}171$$
$$Mn = 0{,}160$$
$$P = 0{,}223$$
$$S = 0{,}037$$
$$Si = \text{Spuren.}$$

Im Ganzen treten die beiden Hauptpunkte, welche ich am Anfange dieser Schrift bezeichnet habe, deutlich aus dem Studium der verschiedenen Phasen der Charge hervor, welche ich eben beschrieben habe:

1) Die Neutralisation der Kieselsäure, welche aus der Oxydation des Roheisens entsteht, durch ein Gemenge von Kalk und Eisenoxyden*), welches dem Zwecke zu entsprechen scheint.

2) Das Ueberblasen oder die verlängerte oxydirende Wirkung, welche die Verschlackung des Phosphoreisens bewirkt.

Die Neutralisation der Kieselsäure bedingt die Beschaffung einer grossen Menge Schlacken, welche in dem Converter einen bedeutenden Raum einnehmen, und den Nutzeffect desselben um ¼ bis ⅓ vermindern.

Das Ueberblasen vermehrt den Eisenoxydgehalt des Metallbades und erheischt folglich einen grösseren Zusatz von Mangan, welcher bei laufendem Betrieb auf 2 bis 3 pCt. gesteigert werden müsste, um rothbrüchige Chargen möglichst zu vermeiden.

*) Als Eisenoxyde benutzte man Rückstände von der Röstung von Schwefelkiesen, sog. Blue billy, welches reich an Eisen ist und nicht mehr als 4 bis 5 pCt. $SiO_3$ und 0,5 S enthält.

Man sieht, dass bei dieser Charge das Ueberblasen in der That nicht lange genug fortgesetzt wurde, da die Probe No. 5 noch 0,140 Phosphor enthielt; trotzdem haben die 1,7 pCt. zugesetzten Mangans kaum genügt, da in dem Ingotmetall, so zu sagen, nur Spuren davon übrig geblieben sind.

Ich gehe nun zu den sich darbietenden Schwierigkeiten über:

1) die mehrfachen Unterbrechungen zur Entnahme der Probe gegen Ende der Charge;
2) die unsicheren Kennzeichen für die genügende Entphosphorung;
3) die Explosionen, welche der Zusatz des Spiegeleisens verursacht;

Schwierigkeiten, die dem neuen Verfahren eigenthümlich sind, und die man je nach den Umständen, unter denen man arbeitet, höher oder geringer auschlagen kann, die aber mit der Zeit vielleicht gehoben werden können.

Eine bemerkenswerthe Thatsache ist die, dass das Metall nach dem Zusatze des Spiegeleisens phosphorhaltiger ist als vorher, obschon der Gehalt an Phosphor des letzteren eine so grosse Zunahme, wie sie nachgewiesen wird, nicht erklären kann.*) Man muss nothwendigerweise annehmen, dass ein Theil des Eisenphosphats der Schlacke reducirt wird durch die Wirkung der enormen Menge von CO, welche sich aus dem Bade in dem Augenblicke, wo man das Spiegeleisen zufügt, entwickelt und durch die Schlackendecke durchdringt. Das ist also ein Beweis mehr, dass man die Entwickelung von CO in dem Metallbade auf ein Minimum einschränken und die oxydirende Wirkung überwiegend machen muss, damit der Phosphor in die Schlacke übergehen und darin bleiben kann. Wenn der Phosphor als phosphorsaurer Kalk in der Schlacke enthalten wäre, so würde die plötzliche Reduction nicht vorkommen.

Die graphische Darstellung in beifolgendem Holzschnitt, welche von Hrn. **Richards** auf dem Meeting zu London ausgestellt wurde, ist entworfen worden, um die Ausscheidung der drei Elemente Kohle, Silicium und Phosphor in den verschiedenen Phasen der Operation anschaulich zu machen. Die Ordinaten bezeichnen den Gehalt in Procenten, und die Abscissen in doppelt so grossem Massstabe die Zeit, während welcher geblasen wird.

*) Durch eine einfache Rechnung kann man sich überzeugen, dass ein Zusatz von 10 pCt. Spiegeleisen mit 0,165 Phosphorgehalt ein Metall mit nur 0,15 P giebt.

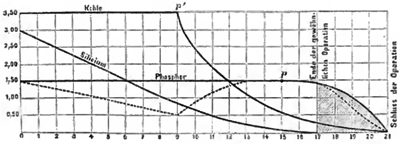
Das Silicium verschwindet zuerst. Die Curve, welche seine allmälige Ausscheidung aus dem Metall veranschaulicht, erreicht die Abscissenaxe vielleicht vor dem Ende der gewöhnlichen Charge. Was den Kohlenstoffgehalt anbetrifft, so fängt derselbe erst an sich zu vermindern, wenn der Siliciumgehalt weniger als 1,00 beträgt. Der Punkt *P'* bezeichnet den Anfang der zweiten Periode, derjenigen der vollständig entwickelten Flamme, und die Curve, welche seine Abnahme bezeichnet, nähert sich gewiss asymptotisch der Abscissenaxe. Factisch kann man den Kohlenstoff nicht vollständig verbrennen, die Flamme wird schwächer, aber verschwindet nie ganz, und die Analyse weist immer die Gegenwart von 0,08 bis 0,10 Kohlenstoff auch in dem überfeinten Metalle nach.

Die Linie, welche die Ausscheidung des Phosphors bezeichnet, ist bis zu dem Punkte *P* durch eine gerade Linie dargestellt. Dieser Punkt entspricht einem Siliciumgehalt von etwa 0,2 und 0,5 bis 0,6 pCt. Kohlenstoff; von dem Punkte *P* an neigt sich die Curve der Phosphorabnahme schnell gegen die Abscissenaxe, welche sie in der Praxis nie erreichen dürfte.*)

In dem Moment also, in welchem das Verschwinden des Spectrums das Ende der gewöhnlichen Charge bezeichnet, fängt der Phosphor kaum an sich auszuscheiden. Wenn der Phosphor sich in Gestalt von Eisenphosphat der Schlacke einverleibt, muss seine Ausscheidung während der Periode des Ueberblasens eine Anreicherung der Schlacke an Eisenoxyden mit sich bringen. Dies wird thatsächlich durch die folgenden Analysen bestätigt, welche ich von Schlackenproben, von der ersten Charge, der ich in Eston beigewohnt habe, nahm. Der Gehalt an Eisenoxyden betrug bei dem Ueberblasen in:

| | 1' 45" | — 2' 30" | und 2' 50" des Ueberblasens |
|---|---|---|---|
| FeO | 7,683 | 10,94 | 12,77 |
| $Fe_2O_3$ | 3,210 | 4,46 | 5,677. |

Das Metall enthält nach 1' 41" des Ueberblasens noch 0,597 P und nach 2' 50" noch 0,142 P. In jedem Fall ist der Eisengehalt der Schlacke verhältnissmässig gering und hat durchaus nichts Uebertriebenes; soviel ich constatirte, nicht über 18 pCt. Man kann aber den Betrag des Verlustes nicht im Voraus feststellen, obwol das Gewicht der Kieselsäure vorher bekannt ist, weil eine grosse Menge Eisenoxyd während der letzten Minuten der Charge mechanisch aus dem Converter entführt wird. Dies zeigt der ausnahmsweise starke




*) Die punktirte Curve in dem Diagramm, welche ich die „Wahrscheinlichkeitscurve“ des Phosphors genannt habe, ist der Ausdruck meiner persönlichen Ansicht, die nicht factisch nachgewiesen worden ist, die sich aber auf die Thatsachen stützt, welche bei den beiden von mir beschriebenen Methoden beobachtet worden sind.

rothe Rauch, welcher während des Ueberblasens aus dem Converter entweicht.

Eine chemische Analyse von diesem Rauch würde sehr lehrreich sein, da derselbe vielleicht den grösseren Theil des gebildeten Eisenphosphates enthält, gerade wie bei dem Howson'schen Puddelprocess. Wie dem auch sei und obschon meine Ansicht sich in directem Widerspruch mit den in der Sitzung der Industrie minérale am 5. April c. dargelegten Behauptungen befindet, so muss ich doch wiederholen, was ich im Meeting zu London gesagt habe, dass nämlich der Kalk, nachdem er in der ersten Periode der Operation seine Rolle als neutralisirende Basis gespielt hat, um das Converterfutter vor jeder auflösenden Wirkung seitens des Siliciums zu schützen, in der Periode des Ueberblasens sich nur passiv verhält. Phosphorsaurer Kalk ist ein absolut unschmelzbarer Körper, dessen Bildung hier durch keine Affinität gefördert zu werden scheint, gleichgiltig ob der Kalk frei oder mit Kieselsäure verbunden sei.

Kann sich Phosphoreisen zu Eisenphosphat oxydiren und dann mit den Eisen- und Kalksilicaten zu einem Doppelsalz verbinden? Alles das ist möglich; aber in welchem Medium man auch arbeiten möge und wie schwach auch immer der Kieselsäuregehalt der Schlacke sein möge, ja wenn man ihn gleich Null annimmt, so verschlackt sich das Phosphoreisen doch immer nur unter der Wirkung einer energischen Oxydation und nur, nachdem der Kohlenstoffgehalt auf ein Minimum reducirt ist. Folglich ist die Periode des Ueberblasens der charakteristische Theil der Entphosphorung im Bessemerconverter und wird es immer bleiben.

Als Schlussfolgerung kann man annehmen, dass man in dem Siemens-Martin-Ofen und in dem Pernot-Martin-Ofen, in welchem man die energisch-feinende Wirkung des Ueberblasens nicht zur Verfügung hat, niemals die Entphosphorung in praktischer Weise wird ausführen können, trotz basischer Ausfütterung und basischen Herdes. —

Ich komme jetzt auf den Einwurf zurück, welcher mir von Hrn. Grüner gemacht wurde und der meine Behauptung: dass das Phosphoreisen sich erst verschlacke, nachdem der Kohlenstoff auf ein Minimum reducirt sei, naturgemäss hervorrufen musste, nämlich: „Wie ist es möglich, dass Hr. Lowthian Bell zu Clarence und Hr. Dr. Bender im Krupp'schen Etablissement Gusseisen entphosphorn können, ohne dessen Gehalt an Kohlenstoff zu vermindern?"

Es genügt mir an das zu erinnern, was zahlreiche Analysen des Puddelprocesses bestätigt haben: „dass nämlich der Phosphor in directem Verhältniss mit dem Silicium verschwindet."*)

Wenn man also ein silicium- und phosphorreiches Roheisen der feinenden Wirkung des Puddelns unterwirft, so findet die Aufnahme des Phosphoreisens in die Schlacke so lange statt, als das Silicium brennt,

*) Bericht über die Sitzung vom 5. Mai 1877 der Industrie minérale.

d. h. so lange der Kohlenstoff nicht brennt und sich kein CO bildet. Wenn der Siliciumgehalt im Verhältniss zum Phosphor- und Kohlenstoffgehalt hoch ist; wenn ferner das Medium, in welchem man arbeitet, keine freie Kieselsäure, sondern im Gegentheil einen Ueberschuss an Oxyden liefert, um die aus dem Silicium des Roheisens entstehende Kieselsäure zu neutralisiren, so wird man den grössten Theil des Phosphoreisens verschlacken.

Diese Reactionen sind durch Hrn. Bell in einer Art von Danks'schem und durch Hrn. Dr. Bender in einem Pernot-Ofen benutzt worden.

Der Danks-Ofen, welcher von Hrn. Bell benutzt wurde, hatte auf der unteren Hälfte seines Umfanges ein Eisenoxydfutter. Das Roheisen, welches man flüssig mit einer gewissen Menge von Blue billy einführte, wurde während 10 Minuten hin und her geschaukelt, wobei eine Schwingung einer halben Umdrehung des Apparates gleichkam. Um die vollständige Mischung des Gusseisens mit dem Blue billy zu bewirken, theilte man den vertieften Herd des Ofens durch einen Damm derart in zwei Theile, dass das Gemisch bei jeder Oscillation über denselben fliessen musste.

Das Charakteristische dieser Operation bestand in dem Zeitpunkte, wo ihre Dauer begrenzt wurde. Man beendigt dieselbe beim Auftreten der ersten blauen Kohlenoxydgasflämmchen, welche die Beendigung der Siliciumverbrennung und den Anfang der Kohlenstoffverbrennung anzeigten. Setzte man das Feinen fort, so reducirte man das verschlackte Eisenphosphat wieder und führte es wieder in das Eisen zurück.

Hrn. Bell ist es mit seiner Methode gelungen, den Phosphorgehalt eines Clevelandeisens, welches 1,5 P und 2,8 Si enthielt, auf 0,2 bis 0,3 pCt. zu reduciren.

Wenn er mehr das relative Verhältniss des Silicium- und Phosphorgehaltes des von ihm verwendeten Roheisens studirt hätte, oder im Verlaufe der Operation nochmals Silicium zugeführt hätte, so würde er unzweifelhaft mit mehr Silicium den Phosphorgehalt noch weiter haben vermindern können.

Dr. Bender und einer seiner Collegen, dessen Namen ich zu meinem Bedauern vergessen habe*), begründeten zu Essen ihre Feinmethode auf dieselben Grundsätze wie Hr. Bell. Sie bedienen sich eines Pernot-Martin-Ofens mit eisernen Boden und Wänden, ausgefüttert mit reichen Eisenoxyden und, wie gesagt wird, auch Manganoxyden. Das Roheisen wurde geschmolzen eingeführt und das Ende der Operation durch das Aufsteigen der ersten Kohlenoxydblasen bestimmt. Diese Erscheinung ist also sehr bezeichnend. Sobald das Silicium nicht mehr in genügender Menge vorhanden ist, um die intermolecular Verbrennung des Kohlenstoffes zu verhindern, tritt Oxydation des letzteren ein; es entsteht Kohlenoxydgas, und eine theilweise Reduction des gebildeten Eisenphosphats findet statt, weil der oxydirende Einfluss nicht mehr absolut überwiegend ist.

*) Herr Narjes.

asche auf das Einfachste dadurch zurückzuführen, dass man die rohe Kohle ohne irgend welche Vorarbeit des Zerkleinerns oder der Separation auf grosse Setzapparate brachte, die so gewaschene Kohle in eine grosse Grube mit dem Waschwasser ablaufen liess und daraus durch Entwässerungs-Becherwerke entnahm.

Aus dem bisher Mitgetheilten geht hervor, dass die verschiedenen Verfahren zur Aufbereitung der Kornkohlen unter Verwendung mannigfacher Setzapparate von den einzelnen Coksanstalten als für ihre Zwecke hinreichend betrachtet werden, während die Lösung der Frage einer Aufbereitung von Feinkohlen oder Schlammkohlen zwar vielseitig und mannigfaltig angestrebt oder zu umgehen gesucht, aber weder dadurch in ihrer Existenz negirt noch befriedigend gelöst wurde. Mag man auch letzteres nicht so ohne weiteres anerkennen und sich bei Beurteilung dieser Frage auf einen individuellen Standpunkt stellen, der ja durch besondere locale oder andere Einflüsse und hierauf gegründete Anschauungen, denen ich eine Giltigkeit bis zu einem gewissen Grade nicht absprechen will, berechtigt erscheint, so bleibt dennoch unbestreitbar wahr, dass trotz aller bis jetzt gebräuchlicher Apparate und Methoden immer grosse Quantitäten von Schlämmen producirt werden, welche noch vortheilhaft aufbereitet werden können, oder aber besser gesagt, welche unter richtiger Anwendung des Bekannten unter Zuhilfenahme der entsprechenden Apparate nicht vorkommen dürfen.

Wenn ich nun noch die Quantität derjenigen Schlammkohle, welche wir im Saarrevier in unseren Sümpfen als Schlammverluste wiederfinden, auf annähernd 30000[t] jährlich angebe, so leuchtet die Nothwendigkeit eines Apparates ein, der aus denselben den grössten Theil der enthaltenen Kohle direct zur Coksfabrikation tauglich wieder ausbringt und somit zu gleicher Zeit die lästige und kostspielige Arbeit des Reinigens der Sümpfe auf ein Minimum reducirt sowie auch die nothwendigen Haldenstellen in ihrer Ausdehnung beschränkt. Gehe ich auch vorübergehend eine andere mögliche ökonomische Nothverwendung der Schlämme zu, so ist ein Apparat, welcher obige Vortheile bietet, dennoch für jetzt und später ein industrielles Bedürfniss.

Der Apparat, auf welchen ich hindeute, ist weder ein Fallapparat, noch ein Stromapparat, noch ein Setzapparat, wohl aber vereinigt er in sich die diesen dreien eigenthümlichen der Aufbereitung von Schlämmen und Feinkohlen günstigen Eigenschaften. Die Gründe, die mich infolge des Studiums der bisher gebräuchlichen Methoden der Aufbereitung von Schlammkohlen und Feinkohlen veranlassten, den Apparat in der vorliegenden Weise zu bauen, sind folgende:

Schlamm- und Feinkohlen, und beschränke ich dieselben auf Korngrösse von höchstens 4[mm] Quadratlochung abwärts, können nicht gewaschen werden, wenn man dieselben, wie bisher, in grossen, sehr thonigen, stark bewegten Waschwassermengen suspendirt mit Geschwindigkeit über Setzapparate weglaufen lässt; die Stromgeschwindigkeit und die Adhäsion der thonigen Wasser verhindern die Separation der feinen Substanzen oder aber lassen eine Separation nach specifischem Gewichte nicht zum Austrage kommen.

Ich beweise vielmehr durch die Arbeit dieses neuen Apparates die Richtigkeit folgenden Grundgedankens, aus welchem die Form und das Wesen des Apparates entstanden ist.

Schlamm- und Feinkohlen können gewaschen werden bei Anwendung von ruhig stehendem, möglichst thonfreiem Waschwasser, durch welches hindurch das zu waschende Feingut auf möglichst weitem Wege vermöge der Arbeitsmomente des Apparates und nicht durch Wasserstrom fortbewegt wird, während demselben zu gleicher Zeit durch constante Lockerhaltung Gelegenheit gegeben ist, sich wirklich nach Leichtem und Schwerem zu trennen. Vorher ist das Waschgut thunlichst durch Entfernung der Thonwasser unter Anwendung von Niederschlagkasten oder Entwässerungsapparaten (Wolf) zu concentriren. Der Apparat beginnt danach die Arbeit dadurch, dass er den grössten Theil der noch enthaltenen thonigen Waschwasser, in welchen das Waschgut auffliesst, durch Siebchen entfernt (hierbei schon findet eine Ausscheidung und Austragen sehr feiner Schwefelkiestheilchen statt), während die feinen leichteren Kohlen zum bedeutend grössten Theile nicht durch die Siebe durchgehen, sondern über dieselben weggetragen werden. Das hierdurch concentrirte Waschgut gelangt in dünner Schicht möglichst gleichmässig vertheilt in der ganzen Breite des Separationstroges vorwärts; dieser ist so construirt, dass ein Vorwärtsfallen des eintretenden Gutes schon von selbst bedingt ist, zu gleicher Zeit findet das so regelmässig aufgetragene Gut immer eine durch Wasserdruck von unten locker gehaltene Masse, in welcher also das Schwere augenblicklich untersinken oder einsinken kann, während die leichte Kohle oben getragen wird, nachdem sie kurz zuvor während des Auffallens in wenig Wasser mit den Verunreinigungen (Kiesen und Schiefern) suspendirt, durch den Stoss des Apparates jenen weiter vorausgeworfen, also von denselben getrennt worden ist. Die combinirten Stoss- und Schaukelbewegungen des Apparates bewirken nun nur noch rascher und deutlicher die angedeuteten Wege der einzelnen Materien. Um nun noch die in dem Separationstroge enthaltenen Massen möglichst frei von thonigem Wasser zu halten, wird reines Wasser in der tiefsten Stelle des Troges eingeführt und hierdurch das Hinderniss der Trennung während der Arbeit selbst continuirlich eliminirt und zugleich das eigentliche Waschwasser, welches das Thonwasser aufnimmt, regelmässig erneuert. —

Der in Fig. 1 bis 4, Taf. XIII dargestellte Apparat besteht aus einem halbcylinderförmigen Troge aus Blech, welcher an seinen Axenendpunkten $a$ und $b$ oscillirend drehbar ist; es werden demselben zu gleicher Zeit durch denselben Bewegungsmechanismus von $b$ nach $a$ gerichtete gleitende und von $a$ nach $b$ erfolgende, sehr rasche Stossbewegungen mitgetheilt; beide Bewegungsarten sind in ihren Intensitäten verstellbar eingerichtet. Der Trog selbst liegt, bei $a$ und $b$ gelagert, in einem beliebig grossen, mit reinem Wasser gefüllten Behälter, in welchem die Füllung auf constanter Höhe gehalten werden kann. Durch eine Vorrichtung $f$ kann der ganze Trog gehoben und gesenkt werden.

Der Trog selbst ist in zwei Abtheilungen $A$ und $B$ getheilt. Der vordere Theil $A$ trägt zwei sehr feine nach der Mitte des Troges aufsteigende Siebe, welche selbst wieder beweglich oder festliegend sein können, nach denselben folgt eine glatte Blechfläche (Distributionsfläche), über welcher ein Vertheiler $Z$ verstellbar angebracht ist.

Am Boden ist eine hinlänglich grosse Oeffnung angebracht, durch welche vermittelst Gummischlauches die durchgehenden Waschwasser, unter Abschluss des im Umhüllungskasten befindlichen Wassers ausfliessen.

In dem zweiten Theile $B$ ist eine vom Ende obigen Siebes anfangend, nach dem Boden einfallende, ciförmig gebogene, zweite Blechwand $h$ angebracht, welche selbst theilweise durchbrochen und mit feinem Sieb $r$ belegt ist. Der unter diesem Siebe befindliche Theil des äusseren Troges ist ausgeschnitten, um dem umgebenden Wasser Zutritt zu dem Siebe zu gewähren.

Ferner ist am Boden dieses zweiten Theiles $B$ noch nach dem Ende $b$ zu eine Oeffnung $k$ gelassen, durch welche die Verunreinigungen ausfallen. Vor dieser Oeffnung $k$ steht eine selbstthätige Schieferaustragung mit schiefer Wand $p$, Entschieferungsschlitz $q$ in der Blechwand $m$ und verstellbarem Schieber $n$. Die Wand $p$ ist durchbrochen und gewährt durch eine gegen das Innere des Troges abgeschlossene Oeffnung der Schieberstange Durchgang und der Luft Austritt und dient ausserdem zum Einführen reinen Wassers.

Hinter der Entschieferungsvorrichtung liegt ein Raum $i$ zur Aufnahme der gewaschenen Kohlen. Diese werden durch einen Stutzen und Gummischlauch hindurch, unter Abschluss des im Umhüllungskasten enthaltenen Wassers ausgetragen.

Ueber dem ersten Theile $A$ des Troges ist eine Wasserspritzleitung $g$ angebracht.

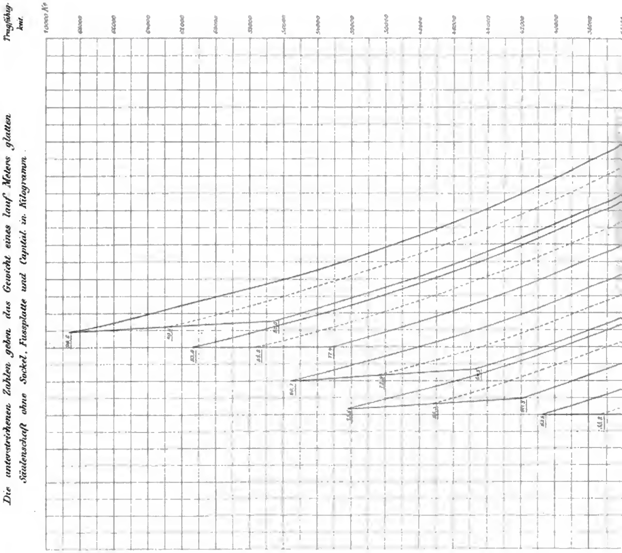
Das Verfahren der Wascharbeit mit diesem Apparat ist nun folgendes:

Die aus den Niederschlagkasten kommenden Schlamm- und Feinkohlenwasser laufen am Kopfe des Apparates bei $a$ auf die Siebe $a$, $a$, durch welche die Waschwasser vermöge der Oscillations- und hin- und hergehenden Stossbewegung leicht entfernt werden. Durch dieselben Wirkungen und, wenn bei grossen Schlammkohlen-Quantitäten nothwendig, durch die Leitung $g$ werden die Schlämme nach dem eigentlichen Separationstrog $B$ gebracht, woselbst die Trennung

# Tragfä…

## höhler runder gus…

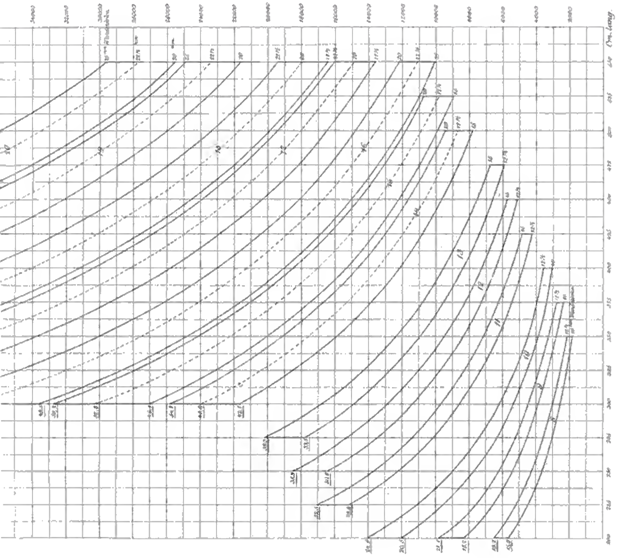
### Diagramm der…



h i g k e i t

s e i s e r n e r   S ä u l e n .

T r a g f ä h i g k e i t .



der verschiedenen Schlammmaterien nach ihren specifischen Gewichten erfolgt und zwar in einer nicht bewegten, begrenzten, reinen Wassermenge, nur durch die den Materien mitgetheilten Stösse und Schwingungen, welche beide in der durch das Bodensieb *r* gelockerten Masse ungestört zur Geltung kommen.

Die schweren Schiefer, Kiese und Sand sinken gleich nach dem Verlassen des Siebes über den geneigten Boden nach unten, nehmen, wenn einmal genügend zugeführt ist, am Boden eine horizontale Lage ein und schliessen somit die Eintrittsöffnung in die Entschieferungsvorrichtung unter der geneigten Blechwand *p* ab. Von da ab wird das Zukommende regelmässig durch den Schlitz *q* nach dem Kasten *l* entfernt. Die leichte, reine Schlamm- und Feinkohle setzt sich oben auf und gelangt durch Stoss- und Schwingung über die Kante der schiefen Wand *p* nach *i*, woselbst sie ausgetragen wird. Der Bedarf an reinem Wasser beträgt im Minimum $8^{cbm}$ pro 10 Stunden Arbeitszeit, der Kraftverbrauch etwa $^1/_4$ Pferdest.

Mehrere Apparate können leicht von einem jugendlichen Arbeiter bedient werden.

Da nun ein solcher Apparat, wie er auf der Anlage der Lothringer Eisenwerke zu Malstatt beweist, wirklich Schlammkohle und Feinkohle bis zu $4^{mm}$ aufwärts thatsächlich rein wäscht, auch keine nennenswerthen Verluste bedingt, so kann wol mit Recht die Frage der Aufbereitung umstehend gegebener Kohlensorten fortab als ihrer Lösung nahe gerückt betrachtet werden.

Der Apparat wird also in folgender Weise zu verwenden sein: Die jetzt gebräuchlichen Vorarbeiten der einzelnen bestehenden Wäschen werden beibehalten, es wird also vorzerkleinert oder nicht, die Fein- und Schlammkohlen, also Staubkohlen, werden bis auf $3^1/_2$ oder $4^{mm}$ nass durch Separationstrommel von den übrigen getrennt, letztere werden auf den bekannten Setzsieben, entweder Grob- oder Feinkorn-Setzsiebe, verarbeitet, und diese Arbeit schliesst alle Schlammverluste aus, sobald hinreichend Wasser zur Stossseparation verwendet worden ist.

Die Separationswasser, welche die Fein- und Schlammkohle enthalten, werden in einen oder nach Bedürfniss zwei Niederschlagkasten geführt, nur zur Concentration des Gutes und nicht behufs Classification, und aus letzteren auf die Schlammapparate möglichst gleichmässig gemischt gebracht; die gewaschene Kohle fliesst mit wenig Wasser in einen Sumpf mit den gewaschenen Kornkohlen zusammen, und wird mit diesen durch Entwässerungsbecherwerk herausgehoben. Es resultiren dann gewaschene Kohle, Schiefer, Kiese und abgängige thonige Entwässerungswasser sowol durch die kleinen Siebchen als auch durch die eigentlichen Umhüllungswaschwasser. Zur qualitativen Beurteilung dieser Wasser theile ich mit, dass dieselben in einem stängeligen Glase aufgefangen im Augenblicke Schwefelkieschen absetzen, über welchen stundenlang eine schmutzige Wassersäule steht; nach längerer Zeit setzt sich auch diese Trübung, indem sie in ihrer ganzen Masse zusammensinkt, jedoch ohne irgend eine Trennung, welch letztere eben durch die Adhäsion des sehr thonigen Wassers an die feinsten Kohlentheilchen und die geringen Unterschiede im specifischen Gewichte nicht mehr möglich ist. Diese Thatsache führte mich zur Anwendung des an dem Apparate angebrachten Siebes No. 80, das also 6400 Oeffnungen auf einem Quadratzoll hat.

Schlämme werden also nur noch entstehen können durch diejenigen Wasser, welche durch die Siebchen abgezogen sind; auf letztere komme ich nun gleich zurück und bemerke nur noch, dass die Kohlen sehr rein (etwa 5 bis 7 pCt. Aschengehalt) gewaschen sind, während der Schieferauswurf kohlenrein bleibt.

Auch können die Separationswasser, welche die Fein- und Schlammkohlen enthalten, auf folgende Weise behandelt werden, ehe sie zu den Schlammapparaten gelangen. Da die zu waschende Fein- und Schlammkohle möglichst concentrirt und thunlichst ohne thoniges Wasser zu verarbeiten sind, so muss das unnöthige Wasser entfernt werden; dies geschieht aber ausgezeichnet auch durch die bekannten Wolf'schen Entwässerungsapparate, aus welchen dann die Kohle auf den Schlammaufbereitungs-Apparat gebracht wird. In diesem Falle genügt ein Siebchen auf dem Schlammapparat zur Elimination des noch mitgebrachten Wassers, und sind die danach entstehenden Schlammverluste verschwindend klein.

Bezüglich der durch die Siebchen abfliessenden Wasser bemerke ich Folgendes:

Dieselben enthalten neben viel Thon relativ grosse Massen sehr feiner Schwefelkiese, wie bereits mitgetheilt und Feinkohle, welche also Verluste bilden; um nun diese Schlammverluste in ihrer Quantität und Qualität beurteilen zu können, führe ich an, dass bei einem quantitativen Waschversuche von 10 Stunden Arbeitszeit $29000^k$ Feinkohle und Schlammkohle, worauf ich die Leistungsfähigkeit eines Apparates pro 10 Stunden in seiner jetzigen Grösse beschränke, durch einen Apparat verarbeitet werden, während dieser Zeit sind jedoch in der Hauptwäsche (also Kornwäsche) $155000^k$ aufgegeben worden. Das trockene Gewicht der in den Entwässerungswassern enthaltenen Mischung von Kohle, Thon und Kiese u. s. w. betrug während dieser Zeit $1500^k$. Ein Einäscherungsversuch ergab 35 pCt. Asche.

Ich schliesse meine Mittheilungen mit dem Wunsche, es möge mir, durch meine Herren Collegen auf Unvollkommenheiten des Apparates aufmerksam gemacht, gelingen, dieselben zu beseitigen; die Auffindung eines Apparates zum Weiterwaschen ähnlicher wie obiger $1500^k$ Schlämme halte ich nicht für leicht möglich, seine Verwendung auch kaum für wirthschaftlich richtig.

---

## Tabelle über die Tragfähigkeit von runden, hohlen gusseisernen Säulen.

(Hierzu Blatt 18.)

So einfach sich die Tragfähigkeit einer Säule von gegebenen Dimensionen berechnen lässt, so umständlich gestaltet sich die Sache, wenn es sich, wie in den meisten praktischen Fällen, um Durchmesser und Wandstärke einer Säule von bestimmter Höhe handelt, die bei dem geringsten Eigengewichte eine gewisse Last mit Sicherheit zu tragen vermag. Die Aufgabe ist eigentlich nur durch Probiren zu lösen, und wird daher wol häufig blos nach dem Gefühle beantwortet.

Zum Gebrauche für Giessereien, Bauunternehmer und Architekten habe ich daher eine Tabelle berechnet und deren Resultate graphisch dargestellt, welche in den meisten vorkommenden Fällen sofort Aufschluss über die fraglichen Dimensionen giebt, indem sie alle Höhen von 2 bis $5{,}5^m$, von $^1/_4$ zu $^1/_4$ Meter steigend, alle Durchmesser von 8 bis $20^{cm}$ und die üblichsten Wandstärken in Abstufungen von $2{,}5^{mm}$ umfasst. Zwischenliegende Stärken lassen sich durch Schätzung leicht finden. Beigegeben ist jedem berechneten Querschnitte das Gewicht eines laufenden Meters glatten Säulenschaftes ohne Sockel, Fussplatte und Capitäl. Als Grundlage ist sechsfache Sicherheit angenommen.

Für denjenigen, welcher sich der Tabelle bedienen will, mögen noch folgende Bemerkungen Platz finden.

Hohe Säulen werden in der Regel auf Zerknicken in Anspruch genommen, während es bei kurzen Säulen vorkommt, dass sie eher zerdrückt als geknickt würden. Für alle Dimensionen, bei welchen letzteres der Fall wäre, ist die betreffende Colonne natürlich nicht mehr ausgefüllt, und überdies in einer besonderen Spalte die höchste Belastung angegeben, welche der Säule in Bezug auf das Zerdrücken zugemuthet werden kann. Ferner sind alle aussergewöhnlichen, unzweckmässigen oder schwierig herzustellenden Verhältnisse zwischen Höhe, Durchmesser und Wandstärke unberücksichtigt geblieben.

Das angegebene Tragvermögen bezieht sich auf hohle, runde Säulen von Gusseisen, welche unten frei oder auf einer kleinen Platte aufstehen und am oberen Ende senkrecht gehalten sind, bei denen also der gewöhnlichste Fall vorliegt. Ist dagegen das untere Ende festgeklemmt, auf eine gewisse Höhe eingemauert oder mit starken seitlichen Rippen versehen, und überdies das obere Ende vertical über dem unteren durch Träger u. dgl. unverrückbar festgehalten, so trägt die Säule die doppelte Last. Man braucht also in der Tabelle nur die Masse einer Säule aufzusuchen, welche halb so viel tragen würde, als verlangt wird, und dabei gleichzeitig zu beachten, dass das von dem Einmauern u. s. w. unabhängige Zerquetschen durch die volle Last nicht vorkommen darf.

v. B.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aeusserer Durchmesser cm | | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| Wandstärke . . . . . . mm | | 10 | 12½ | 10 | 12½ | 10 | 12½ | 12½ | 15 | 12½ | 15 | 12½ | 15 | 15 | 17½ | 20 |
| Rückwirkende Festigkeit k | | 10 995 | 13 250 | 12 570 | 15 220 | 14 140 | 17 180 | 19 145 | 22 385 | 21 105 | 24 735 | 23 070 | 27 095 | 29 455 | 33 675 | 37 700 |
| Höhe der Säule in cm | 200 | 5 727 | 6 506 | 8 315 | 9 768 | 12 076 | 13 982 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | 225 | 4 525 | 5 141 | 6 570 | 7 718 | 9 541 | 11 047 | 15 225 | 17 041 | . | . | . | . | . | . | . |
| | 250 | 3 665 | 4 164 | 5 322 | 6 252 | 7 728 | 8 948 | 12 332 | 13 803 | 16 482 | 18 555 | . | . | . | . | . |
| | 275 | 3 029 | 3 441 | 4 398 | 5 167 | 6 387 | 7 395 | 10 192 | 11 408 | 13 621 | 15 335 | 17 748 | 20 080 | . | . | . |
| | 300 | 2 545 | 2 892 | 3 695 | 4 341 | 5 367 | 6 214 | 8 564 | 9 586 | 11 446 | 12 886 | 14 913 | 16 872 | 21 612 | 23 872 | 25 831 |
| | 325 | 2 169 | 2 464 | 3 149 | 3 699 | 4 573 | 5 295 | 7 297 | 8 168 | 9 753 | 10 980 | 12 707 | 14 377 | 18 415 | 20 341 | 22 010 |
| | 350 | 1 870 | 2 124 | 2 715 | 3 190 | 3 943 | 4 565 | 6 292 | 7 042 | 8 409 | 9 467 | 10 957 | 12 396 | 15 878 | 17 538 | 18 977 |
| | 375 | . | . | 2 365 | 2 779 | 3 435 | 3 977 | 5 481 | 6 135 | 7 325 | 8 247 | 9 545 | 10 798 | 13 832 | 15 278 | 16 532 |
| | 400 | . | . | . | . | 3 019 | 3 495 | 4 817 | 5 392 | 6 438 | 7 248 | 8 389 | 9 491 | 12 157 | 13 428 | 14 530 |
| | 425 | . | . | . | . | . | . | 4 267 | 4 776 | 5 703 | 6 420 | 7 431 | 8 407 | 10 766 | 11 895 | 12 871 |
| | 450 | . | . | . | . | . | . | . | . | 5 087 | 5 727 | 6 628 | 7 499 | 9 605 | 10 610 | 11 481 |
| | 475 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 5 949 | 6 730 | 8 621 | 9 522 | 10 304 |
| | 500 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 7 780 | 8 594 | 9 299 |
| | 525 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | 550 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Gewicht pro lanf. Meter k | | 15,9 | 19.2 | 18,2 | 22.1 | 20,5 | 24,9 | 27,8 | 32,5 | 30,6 | 35,9 | 33,5 | 39,3 | 42,7 | 48,8 | 54,7 |

## Durch den Regulator selbstthätig veränderliche Meyer'sche Expansionssteuerung.

Von A. Pelissier, Maschinenfabrikant in Hanau.

(D. R.-P. No. 1122.)

(Hierzu Fig. 1 bis 3, Taf. XVI.)

Von allen bekannten Schiebersteuerungen für stationäre Dampfmaschinen ist die Meyer'sche Steuerung, bei welcher die Veränderung des Expansionsgrades durch Nähern oder Entfernen der den Expansionsschieber bildenden beiden Platten bewirkt wird, als die vorzüglichste zu betrachten, weil bei richtiger Wahl der einzelnen Dimensionen, alle Füllungsgrade zwischen 0 und 1 erreicht werden können, weil ferner die Dampfvertheilung bei jeder Füllung des Cylinders eine vollkommen richtige bleibt, und weil endlich die Durchlasseanäle stets verhältnissmässig weit geöffnet werden und das Abschliessen des Dampfes rasch erfolgt.

In Ansehung dieser grossen Vorzüge hat denn auch diese Steuerung eine sehr verbreitete Anwendung gefunden, der in neuerer Zeit jedoch, seitdem man mehr und mehr die Vortheile erkannt und gewürdigt hat, welche die directe Einwirkung des Regulators auf die Verstellung der Expansion, gegenüber den vom Regulator beeinflussten Vorrichtungen zur Drosselung des Dampfes gewährt, der Umstand hindernd entgegentrat, dass es schwer möglich zu machen schien, bei derselben die Veränderung der Expansion selbstthätig durch den Regulator bewirken zu lassen.

Durch den auf Taf. XVI, Fig. 1 bis 3 abgebildeten Mechanismus ist dies nun in sehr einfacher und zuverlässiger Weise erreicht.

Die Expansionsschieberstange ist innerhalb des Schieberkastens mit einem durchbohrten, mit gehärteter Stahlbuchse ausgefütterten Kopfe *k* versehen, in welchen der ebenfalls gehärtete Zapfen *z* einer Gussstahlscheibe *S* gut schliessend eingeschoben ist, so dass diese zwar der hin- und hergehenden Bewegung der Schieberstange folgen muss, sich aber gleichzeitig beliebig drehen kann. In diese, hinter der Schieberstange liegende Scheibe sind zwei spiralförmig gestaltete Schlitze *s*, *s* von gleichbleibender Weite eingearbeitet, in welche die an den beiden die Expansionsschieber bildenden Stahlplatten angeschmiedeten und gehärteten Zapfen *t*, *t* eingreifen, so dass, wenn die Scheibe *S* gedreht wird, die beiden Schieberplatten, welche im Vertheilungsschieber geführt sind, sich einander nähern oder von einander entfernen, je nachdem die Drehung nach links oder rechts erfolgt.

Der Zapfen *z* trägt, vor dem Kopfe *k* hervorragend, einen in seiner mittleren Stellung senkrecht nach oben gerichteten Hebel *h*, an welchem eine Stahlrolle *r* befestigt ist, die in eine in dem durch zwei Schwinghebel gehaltenen Riegel *R* ausgesperrte, viereckige Oeffnung eingreift so zwar, dass die Rolle sich innerhalb dieser mit der Schieberstange hin und her bewegen kann, und um Ende des Hubes deren Ränder, in welche gehärtete Anschlagplättchen eingeschoben sind, eben gerade berührt. Das eine Ende des Riegels trägt einen Zapfen *d*, der von dem länglich durchbohrten Auge des Hebels *m* gefasst wird, welcher fest auf einer Achse *a* sitzt, die durch eine Stopfbuchse aus dem an der oberen Wand des Schieberkastens angegossenen Aufsatze ins Freie tritt, und zwischen Spitzen, leicht beweglich, gehalten, auf deren Ende überdies ein zweiter Hebel *n* befestigt ist, an welchen die Stange des Excentrik *E* angreift, das auf einer durch den astatischen Regulator irgend welcher Construction drehbaren Achse aufgekeilt ist.

Denkt man sich nun den Regulator und sämmtliche Theile in ihrer mittleren Stellung, wie auf der Zeichnung dargestellt, so hat der Hebel *h*, wie schon bemerkt, eine verticale Stellung eingenommen, die auf dessen Zapfen sitzende Rolle wird ungehindert in der im Riegel befindlichen Oeffnung sich hin und her bewegen, und die Scheibe *S* wird so gedreht sein, dass die Zapfen der Expansionsschieber von der Mitte der Schlitze geführt werden, wodurch eine ganz bestimmte Entfernung der Schieberplatten von einander und ein bestimmter, dieser Plattenstellung entsprechender Expansionsgrad bedingt wird. So lange der Regulator in seiner mittleren Stellung verharrt, wird an diesem Zustande nichts geändert. Senkt sich aber der Muff des Regulators infolge verlangsamten Ganges der Maschine, so erfährt die Excentrikscheibe *E* eine Linksdrehung, schiebt infolge dessen den Hebel *n* nach rechts, wodurch der Riegel *R* um einen gewissen Weg nach links bewegt wird. Durch die Bewegung der Expansionsschieberstange wird nun aber die Rolle *r* auf der einen Seite gegen den Riegel anstossen, noch ehe die Stange ihren Hub vollendet hat und dadurch, da jener durch seine Verbindung mit dem Excentrik nicht ausweichen kann, der die Rolle tragende Hebel gezwungen, sich um einen, dem noch zurückzulegenden Theile des Hubes entsprechenden Weg nach links zu drehen. An dieser Drehung nimmt aber die Scheibe *S* theil, infolge dessen die beiden Schieberplatten einander genähert werden, wodurch längere Dampfeinströmung, also stärkere Cylinderfüllung stattfindet. Da nun aber der Regulator sich nur bei einer Geschwindigkeit, bei dieser aber in jeder Stellung der

| 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 17½ | 20 | 15 | 17½ | 20 | 17½ | 20 | 22½ | 17½ | 20 | 22½ | 20 | 22½ | 25 | 20 | 22½ | 25 |
| 31 810 | 26 420 | 40 840 | 34 165 | 39 170 | 43 985 | 42 920 | 47 125 | 52 130 | 44 670 | 50 265 | 55 665 | 53 410 | 59 200 | 64 795 | 56 550 | 62 735 | 68 725 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 27 170 | 30 121 | 32 711 | 33 612 | 37 381 | 40 725 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 23 151 | 25 665 | 27 872 | 28 640 | 31 851 | 34 701 | 38 965 | 42 571 | 45 782 | . | . | 55 584 | . | . | . | . | . | . |
| 19 961 | 22 129 | 24 032 | 24 694 | 27 463 | 29 920 | 33 597 | 36 705 | 39 475 | 40 586 | 44 452 | 47 925 | 53 225 | 57 512 | 61 379 | . | . | . |
| 17 389 | 19 277 | 20 935 | 21 511 | 23 924 | 26 064 | 29 267 | 31 975 | 34 387 | 35 356 | 38 723 | 41 749 | 46 366 | 50 100 | 53 469 | 54 957 | 59 504 | 63 633 |
| 15 283 | 16 942 | 18 400 | 18 906 | 21 027 | 22 907 | 26 723 | 28 103 | 30 223 | 31 074 | 34 034 | 36 693 | 40 751 | 44 033 | 46 993 | 48 302 | 52 299 | 55 927 |
| 13 538 | 15 008 | 16 298 | 16 748 | 18 626 | 20 292 | 22 786 | 24 897 | 26 772 | 27 526 | 30 147 | 32 504 | 36 097 | 39 005 | 41 627 | 42 787 | 46 327 | 49 540 |
| 12 076 | 13 387 | 14 538 | 14 938 | 16 614 | 18 100 | 20 325 | 22 210 | 23 880 | 24 553 | 26 891 | 28 993 | 32 199 | 34 792 | 37 132 | 38 165 | 41 323 | 44 190 |
| 10 838 | 12 015 | 13 048 | 13 408 | 14 911 | 16 245 | 18 242 | 19 929 | 21 433 | 22 036 | 24 135 | 26 022 | 28 899 | 31 226 | 33 326 | 34 254 | 37 087 | 39 661 |
| 9 781 | 10 843 | 11 776 | 12 100 | 13 457 | 14 661 | 16 463 | 17 986 | 19 343 | 19 888 | 21 781 | 23 484 | 26 081 | 28 181 | 30 076 | 30 914 | 33 471 | 35 793 |
| 8 872 | 9 835 | 11 861 | 10 975 | 12 206 | 13 298 | 14 932 | 16 314 | 17 544 | 18 038 | 19 756 | 21 300 | 23 656 | 25 561 | 27 280 | 28 040 | 30 359 | 32 465 |
| . | . | . | 10 000 | 11 122 | 12 117 | 13 606 | 14 864 | 15 986 | 16 436 | 18 002 | 19 408 | 21 554 | 23 291 | 24 856 | 25 549 | 27 692 | 29 581 |
| 46,1 | 52,8 | 59,2 | 49,5 | 55,8 | 63,8 | 60,8 | 68,3 | 75,6 | 64,8 | 72,9 | 80,7 | 77,4 | 85,8 | 93,9 | 82,0 | 90,9 | 99,6 |

Kugeln im Gleichgewicht befindet, so wird sich dieses Spiel so lange wiederholen, bis der Füllungsgrad ein derartiger geworden ist, dass die Maschine ihren richtigen Gang wieder angenommen hat, was, wie leicht einzusehen, stets sehr rasch, bei nur wenigen Hüben des Expansionsschiebers, und damit der Maschine, eintreten muss.

Die entgegengesetzte Bewegung der einzelnen Theile und ein Auseinanderschieben der Platten, also kürzere Dampfeinströmung wird stattfinden, wenn sich der Muff des Regulators, infolge beschleunigten Ganges der Maschine, zu heben beginnt.

Da die Abmessungen der verschiedenen Theile derart gewählt sind, dass die grösste Längsverschiebung des Riegels dem Hube des Expansionsschiebers gleichkommt, so kann die Steuerung leicht derart angeordnet werden, dass bei der höchsten Stellung des Regulators der Expansionsschieber den Dampfcanal im Vertheilungsschieber gerade abschneidet, wenn dieser den Einströmungscanal im Cylinder zu öffnen beginnt, also kein Dampfeintritt stattfinden kann; während andererseits bei der tiefsten Regulatorstellung der Expansionsschieber den Dampfeintritt erst in demselben Augenblicke abschneidet, in dem der Dampfcanal vom Vertheilungsschieber geschlossen wird, also volle Cylinderfüllung stattfindet, demnach jeder Expansionsgrad erreicht werden kann.

Zwischen die Scheibe $S$ und die Expansionsschieberplatten ist eine Feder eingeschaltet, die den Zweck hat, zu verhindern: einerseits, dass diese Platten von ihrer Auflage abklappen könnten und andererseits die Scheibe so leicht beweglich wäre, dass sie etwa durch den Widerstand, den die Schieber ihrer Bewegung entgegensetzen, gedreht werden könnte, wenn bei abgestelltem Dampfe die Maschine leer läuft, wobei jedoch darauf hinzuweisen ist, dass zwar jeder Zapfen für sich durch den Druck, den er gegen den Rand der spiralförmigen Schlitze der Scheibe ausübt, eine Drehung der letzteren hervorbringen will, dass aber diese Tendenzen der beiden Zapfen bezüglich der Grösse einander gleich, bezüglich der Richtung einander entgegengesetzt sind, sich folglich gegenseitig aufheben und somit eine Drehung der Scheibe dadurch nicht erfolgen kann, wie dies die Erfahrung auch vollständig bestätigt hat.

Statt des Excentrik $E$ kann auch jede andere Vorrichtung angewendet werden, mittelst deren vom Regulator aus der Hebel $h$ zwar leicht gedreht, nicht aber rückwärts durch den Druck dieses Hebels auf die Stellung des Regulators eingewirkt werden kann, wie beispielsweise eine Schrauben- oder Keilstellungsvorrichtung.

Die Anforderungen, welche an die Energie des Regulators gestellt werden, sind, was für die schnelle und sichere Regulirung von grösster Wichtigkeit, sehr mässige, indem derselbe die Verstellung der Schieberplatten nicht direct zu bewirken hat, sondern solche durch die sehr wenig Kraft beanspruchende Verschiebung des Riegels nur veranlasst, während die Verstellung selbst durch die dem Schieber vom Excentrik aus ertheilte Bewegung, also eine im Ueberschuss vorhandene Kraft hervorgebracht wird. Es ist aus diesem Grunde auch keine besondere Schmierung der im Schieberkasten befindlichen Organe nöthig, und genügt vollständig die gewöhnliche Art der Schieberschmierung, am besten mit Anwendung eines Oeltropfapparates, so dass eine mit dieser Steuerung versehene Maschine durchaus nicht mehr Oel gebraucht, als sie ohne den betreffenden Mechanismus consumiren würde.

Die ganze Anordnung ist eine sehr einfache und bedarf keiner besonderen Wartung und Aufmerksamkeit, und sowol hierin als auch dadurch, dass mit derselben alle Füllungsgrade leicht erreichbar sind, was in vielen Fällen von grossem Werthe, ist sie den Präcisionssteuerungen überlegen. Die der Construction zu Grunde gelegten Voraussetzungen haben sich nach erfolgter Ausführung vollständig bestätigt, indem der Mechanismus rasch und zuverlässig functionirt und dadurch stets der dem augenblicklichen Kraftbedürfniss und der vorhandenen Dampfspannung entsprechende Füllungsgrad erreicht wird, und die Maschine einen vollkommen gleichmässigen Gang erhält.

# Technische Literatur.

## Bauwesen.

**Die Schwemm-Canalisation** und die Anschlüsse der Grundstücke an dieselbe mit besonderer Berücksichsigung grossstädtischer Verhältnisse. Bearbeitet und zusammengestellt von Georg Jancke, Ingenieur. Mit 1 lithogr. Tafel. 53 S. (Preis 1,50 *M.*) Berlin, 1879. A. Seydel. —

Die vorliegende kleine Broschüre enthält aus sachkundiger Feder in knapper Darstellung eine ganze Menge praktischer Winke, welche sich auf die Anlage von Canalisationen, hauptsächlich die Verlegung des Rohrnetzes sowie auf die Hausanschlüsse und die in den Häusern selbst zu treffenden Einrichtungen beziehen. Der letztere Theil ist der umfangreichste und hauptsächlich für die Aufklärung der Hausbesitzer über die ihnen bei dem Anschluss ihrer Häuser an

das städtische Canalnetz obliegenden Verpflichtungen, die vorschriftsmässige Beschaffenheit der betr. Einrichtungen u. s. w. bestimmt und enthält als passende Zugabe eine Zusammenstellung der für die Ausführung der Canalisation in Berlin erlassenen Verordnungen und Tarife. In dem ersten Theile finden sich dagegen so viel Notizen und Zahlenwerthe allgemeineren Interesses, dass auch der Ingenieur bei vorkommenden Fällen daraus mit gutem Erfolge Rath erholen kann.

Sei daher das kleine Buch auch in den Kreisen der Fachgenossen bestens empfohlen. R. Z.

## Bergwesen.

**Die Sprengtechnik** im Dienste des Bau- und Bergwesens, der Land- und Forstwirthschaft, mit ihren wesentlichsten Hilfsmitteln, Bohrmaschinen, Schrämmaschinen, Dynamite, Zeit- und elektrische Zündung. Von Julius Mahler. Achte, durch die neuesten Erfindungen vermehrte Auflage. 109 S. Wien, 1878. Lehmann & Wentzel. —

Eine neue Auflage der „Modernen Sprengtechnik" des Verfassers, deren siebente Auflage wir im Jahrgang 1877 d. Z., S. 240, allen denen empfohlen haben, die sich für Sprengtechnik interessiren. Sie enthält die Fortschritte auf diesem Gebiete und in dem Vorworte Angaben über die Ausstellungsgegenstände des k. k. conc. Büreau für Sprengtechnik von Mahler & Eschenbacher auf der Pariser Weltausstellung. Die grosse Menge von Zahlenangaben in Beispielen und Tabellen machen das Büchlein für den Praktiker besonders werthvoll. Ls.

## Eisenbahnwesen.

**Der staatliche Einfluss auf die Entwickelung der Eisenbahnen minderer Ordnung.** Denkschrift von M. M. Freih. v. Weber. 260 S. (Preis 5 *M.*) Wien, Pest und Leipzig, 1878. A. Hartleben. —

Die vielen verdienstvollen literarischen Arbeiten des Verfassers auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens, namentlich des Secundärbahnwesens, sind allgemein bekannt; in der vorliegenden, im Auftrage des preussischen Handelsministers verfassten Denkschrift werden die in früheren Arbeiten erhaltenen Resultate zusammengefasst und erweitert, so dass das Endergebniss ein ziemlich umfassendes Bild der Verhältnisse giebt, welche die Lebensfähigkeit von Secundärbahnen begründen und ihr Fortbestehen möglich machen, namentlich in wieweit der Staat hierbei fördernd eingreifen kann und eingreifen darf.

In den einleitenden Abschnitten wird hier zum ersten male der jetzt ziemlich allgemein angenommene Ausdruck „Bahnen minderer Ordnung" entwickelt. Anschliessend an die oben skizzirten Betrachtungen folgen die in den verschiedenen Ländern erlassenen Bestimmungen über Bau und Betrieb erwähnter Bahnen und einige statistische Notizen darüber.

Wie die früheren kürzeren Arbeiten des Verfassers wird auch das vorliegende Buch nicht verfehlen zur Klärung der Begriffe in der immer noch etwas streitigen Frage wesentlich beizutragen. R. Z.

**Das Tunnel-Längsträgersystem, System Menne.** Nach Neubauten der Rheinischen Eisenbahn-Gesellschaft, nach Mittheilungen des Hrn. Ober-Ingenieur Baurath Menne, sowie nach eigenen Erfahrungen beim Bau des Ender Tunnels bearbeitet von Heinrich Birnbaum, gepr. Civil-Ingenieur u. s. w. Mit 7 lithographirten Tafeln. 56 S. (Preis 5 *M.*) Berlin, 1878. Julius Springer. —

Das Charakteristische des Tunnelbausystems von Menne besteht darin, dass zwischen die Ober- und Untergespärre starke Längsträger eingebaut werden, welche den Druck der Obergespärre übertragen und welche namentlich bei druckhaftem Gebirge gestatten, die Obergespärre in hinreichender Anzahl einzubauen, ohne dabei den unteren Theil des Profils in einer für den Verkehr der Arbeiter und Materialien störenden Weise zu verengen. Diese Längsträger sind aus I-Trägern hergestellt, bei welchen der Raum zwischen den Flanschen durch entsprechende Halbrundhölzer ausgefüllt ist, ebenso werden auch alle anderen Theile des Ausbaues, welche, wie z. B. die Sparren, auf relative Festigkeit in Anspruch genommen sind, aus Eisen hergestellt.

Der Verfasser beschreibt unter Bezugnahme auf die recht sauber ausgeführten Zeichnungen die Entstehung des Längsträgersystems aus den Notbversuchen am Altenbekener Tunnel, seine weitere Ausbildung am Mettericher und seine vollständige Durchführung am Endener Tunnel der Rheinischen Bahn. Es werden dann die Details der Construction und der Arbeit näher erläutert und schliesslich eine Vergleichung aufgestellt zwischen dem eben beschriebenen System und den sonst üblichen Holzbaumethoden. R. Z.

## Verschiedenes.

**Der Handel nach dem Osten** mit besonderer Berücksichtigung des Kohlenexportes unter Angabe von 8500 Adressen von Kaufleuten, Industriellen, Behörden u. s. w. in Galizien, Russland und den Donaufürstenthümern u. s. w., von Adolf Lipp, Inspector der k. k. priv. Galizischen Carl Ludwigsbahn. 731 S. (Preis 8 *M.*) Wien, 1878. Selbstverlag. —

Die über die Carl Ludwigsbahn nach Osten gehenden Transporte namentlich von Kohlen dienen dem Verfasser als Unterlage zu dem Nachweise, dass dieselben sich geringer stellen als die, welche in umgekehrter Richtung mit anderen Rohproducten beladen geleitet werden. Um diese Verhältnisse genauer zu untersuchen und für den Export nach Osten weitere Anknüpfungspunkte zu geben, hat der Verfasser neben allgemeinerem statistischen Material die Adressen aller derjenigen Unternehmungen in Galizien, den angrenzenden russischen Provinzen und den Donaufürstenthümern zusammengestellt, welche grössere Mengen von Kohlen gebrauchen können, auch wo es anging, den jetzigen Verbrauch und die Bezugsquelle der einzelnen Firmen angegeben. Nebenbei sind noch die in den genannten Gegenden erscheinenden Zeitungen nach Häufigkeit der Ausgabe und Insertionspreis mitgetheilt, so dass das Ganze eine brauchbare Unterlage für Anknüpfung von Handelsbeziehungen mit den dortigen Consumenten bildet. R. Z.

**Kohle und Eisen in allen Ländern der Erde.** Unter Mitwirkung hervorragender Fachgenossen herausgegeben von Joh. Pechar, Eisenbahn-Director in Teplitz. 248 S. (Preis 5 *M.*) Berlin, 1878. Julius Springer. —

Das Buch enthält einmal ein äusserst vollständiges statistisches Material über die Production von Kohle und Eisen bis zum Anfange des Jahres 1878, der Pariser Ausstellung, und rückwärts auf eine grössere oder geringere Reihe von Jahren. Ausserdem aber haben es der Verfasser und seine Mitarbeiter verstanden, diese trockenen Zahlen in eine recht anziehende Geschichte dieser Productionsgebiete zu verflechten, indem deren Entwickelung aus früherer Zeit zu ihrer jetzigen Ausdehnung mit den verschiedenen Einflüssen vergrösserter und verbesserter Verkehrsmittel in Zusammenhang gebracht wird. Diese Combinationen gaben denn auch dem Verfasser das Material zu Schlüssen auf die demnächstige muthmassliche Gestaltung der Production von Kohle und Eisen in den verschiedenen Culturländern und namentlich bei letzterem Material des sich immer schärfer herausbildenden Wettkampfes zwischen Schmiedeeisen und Stahl.

Zur Vollständigkeit des Ganzen tragen auch die Mittheilungen über Kohlenschätze bei, welche in bisher der Cultur noch wenig zugänglichen Ländern aufgedeckt sind und ihrer Hebung in der Zukunft harren. R. Z.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# ZEITSCHRIFT
DES
# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

1879. Band XXIII. Heft 9. Septemberheft.

## Abhandlungen.

### Ueber einen neuen Expansions-Regulir- und Absperr-Apparat mit Corlissmechanismus.

Dr. **R. Proell's** Patent.

(Hierzu Tafel XVIII.)

Die in neuerer Zeit sehr beliebt gewordenen Maschinen mit Präcisionssteuerung, namentlich die Sulzer- und Corliss-Maschinen (wir verstehen in der Folge unter Corliss-Maschine jede Maschine, deren Steuerung das charakteristische Princip der Corliss-Auslösung zeigt) verdanken ihre grosse Verbreitung u. A. dem Umstande, dass sie sich in Vergleich mit den gewöhnlichen mit Drosselregulirung versehenen Schiebermaschinen durch eine exactere Dampfvertheilung, einen ruhigeren Gang und eine grössere Kohlenökonomie auszeichnen. Die erstere Eigenschaft hängt von dem schnellen Schluss der Dampfeinlassorgane, die zweite davon ab, dass der auf den Auslösungsmechanismus wirkende Regulator einen sehr geringen Widerstand zu überwinden hat, infolge dessen also sehr schnell den der jeweiligen Arbeitsleistung entsprechenden Expansionsgrad einstellt. Weil aber der Regulator die Expansion in jedem Augenblicke beherrscht, so resultirt hieraus die dritte Eigenschaft die der grösseren Kohlenökonomie. Die zweite Eigenschaft des ruhigen und gleichmässigen Ganges ist für Spinnereien, Webereien, Papierfabriken u. s. w. so bedeutungsvoll, dass es sehr im Interesse der Besitzer genannter Fabriken liegt, ihre in dieser Beziehung event. mangelhaft gebauten Maschinen durch Corliss-Maschinen zu ersetzen. Dem stellten sich aber bisher grosse Schwierigkeiten entgegen.

Abgesehen von den bedeutenden Kosten, welche die Beschaffung neuer Corliss-Maschinen für den Fabrikanten mit sich bringt, steht wol immer eine längere Betriebsstörung zu befürchten, denn die Möglichkeit, die neue Maschine neben der alten aufzustellen und diese so lange im Betriebe zu belassen, bis jene fertig ist, dürfte nur in selteneren Fällen vorkommen. Der zweite denkbare Fall, in welchem eine bestehende Schiebermaschine in eine Corliss-Maschine umgebaut wird, reducirt freilich die Anlagekosten, lässt dagegen eine längere Betriebsstörung beziehentlich Einstellung in noch höherem Grade befürchten.

Es ist das Verdienst von Ingenieur Starke, in Firma Starke & Hoffmann in Hirschberg, eine Präcisionssteuerung erfunden zu haben, welche die genannten Schwierigkeiten bis zu einem gewissen Grade beseitigt, und von welchem Bd. XX d. Z. eine ausführliche Beschreibung und Zeichnung gebracht hat.

Untersucht man den Starke'schen Apparat in Bezug auf seine Zusammensetzung, so kann man an ihm drei räumlich von einander getrennte Theile unterscheiden: die eigentliche Steuerung, das Expansionsventil und den Regulator.

Der eigentliche Steuerungsapparat wird nach Starke neben die Maschine auf einem besonderen Fundament befestigt und mit der Schwungradwelle passend gekuppelt. Das Expansionsventil wird entweder direct auf den Schieberkasten geschraubt oder in den Vertheilungsschieber gesetzt. Der Regulator ist in einer besonderen Säule gelagert und erhält seinen Antrieb mittelst Räder oder Riemen. Vom Steuerapparate gehen passende Stangen und Hebelverbindungen nach dem Regulator und Expansionsventil. Die grosse Verbreitung, welche die Starke'sche Steuerung trotz ihrer nicht unbedeutenden Complication erfahren hat, ist ein Beweis für die erkannte Nothwendigkeit, bestehende Maschinen in leichter Weise mit Präcisionssteuerung versehen zu können.

Der Expansions-Regulir- und Absperr-Apparat mit Corliss-Mechanismus nach Dr. R. Proell's Patent (No. 1919) ist nun unserer Ueberzeugung nach bestimmt, in noch viel leichterer und schnellerer und zum mindesten ebenso sicheren Weise die Ausrüstung einer bestehenden Schiebermaschine mit Präcisionssteuerung bezw. deren Verwandlung in eine Corliss-Maschine vorzunehmen, als es mit dem Starke'schen Apparate möglich ist. Die

ständiger Dampfabschluss erfolgt. Dazu gehört eine gewisse Zeit, innerhalb welcher die Kurbel einen gewissen Winkel $\alpha_d$ zurücklegt. Da die auf das Ventil während der Fallzeit wirkenden Ursachen wesentlich dynamischer Natur sind, so nennen wir den Winkel $\alpha_d$ den **dynamischen Füllungswinkel.**

Der totale Füllungswinkel $A$ ist demnach

$$A = \alpha_k + \alpha_d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Die Grösse des Winkels $\alpha_k$ hängt allein von der Höhenlage des Regulators bezw. des Verstellungskeiles ab. Wir müssen diesen Winkel als eine Urvariable betrachten, die aber nie einen grösseren Werth als $90^0 - \delta$ annehmen kann.

Um die während des kinematischen Füllungswinkels auftretenden Erscheinungen zu studiren und durch Diagramme festzulegen, gehen wir über zur **Bestimmung des dynamischen Füllungswinkels.**

Auf das Ventil wirken nach erfolgter Auslösung folgende Kräfte

1) die Summe der beiden Federspannungen $T$ vertical abwärts, also positiv;
2) das Eigengewicht $Q$ des Ventils nebst Stange und Bremskolben, vertical abwärts, also positiv;
3) die Stopfbuchsenreibung und die Reibung des Kolbens in der Luftbremse $k$ vertical aufwärts, also negativ;
4) die Gewichte der beiden Gleitstücke im Verhältniss der Hebelarme $\frac{e_1}{e}$ vergrössert: $= 2\frac{Pe_1}{e}$ vertical aufwärts, also negativ.

Die Hebelverbindung zwischen den Gleitstücken und dem Kopf der Ventilstange balancirt sich nahezu aus.

Die Einwirkung der Luftbremse vernachlässigten wir, weil dieselbe nur im letzten Momente des Ventilschlusses zur Geltung kommt. Ebenso vernachlässigen wir die Einwirkung des Dampfes auf den Schluss des Ventils. Die durch den Apparat gegebenen Diagramme zeigen keine Drosselung des Dampfes. Wir können also annehmen, dass der Dampfdruck nur im letzten Moment unmittelbar vor Schluss des Ventils zur Wirkung gelangt, eine Wirkung, welche durch die Wirkung der Luftbremse nahezu compensirt wird.

Wir brauchen daher in der Folge nur die vorhin aufgeführten Kraftwirkungen zu berücksichtigen.

Ist $f_1$ die Federung der gepressten Federn unter den Gleitstücken, $T_1$ die Maximalspannung einer Feder, so folgt (s. Fig. 8):

$$\left.\begin{array}{l} f_1 \frac{e}{e_1} = \text{Federung} \\ 2\,T_1 \frac{e_1}{e} = \text{Maximalspannung} \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{reducirt}\\ \text{auf den}\\ \text{Ventilhub.}\end{array}$$

Die disponible Arbeit der Federspannungen stellt sich also dar (Fig. 9) durch ein Dreieck $ADJ$ von der Basis $2\,T_1 \frac{e_1}{e}$ und Höhe $f \frac{e}{e_1}$, die Arbeiten der Kräfte unter 2), 3) und 4) sind während des Ventilhubes constant.

Bezeichnen wir den effectiven Maximalhub des Ventils mit $s_1 = s_m - s_0$, so finden wir, dass die Arbeit $Qs$, weil positiv, zu obigem Dreieck zu addiren, und dass die Arbeiten $ks_1$ und $2\frac{Pe_1}{e}s_1$, weil negativ, von obigem Dreieck zu subtrahiren sind.

Tragen wir diese Arbeiten graphisch in die Fig. 9 ein, so bleibt über dem Wege $s_1$ eine Arbeit übrig, welche graphisch durch ein in der Figur schraffirtes Trapez dargestellt ist. Diese Arbeit bewirkt nun den Schluss des Ventils und seine beschleunigte Abwärtsbewegung.

Das schraffirte Trapez ist ein Theil des Dreiecks $ABC$. Würde der Hub des Ventils $= BC$ sein, so wäre die Bewegung des Ventils eine sogenannte **harmonische Bewegung**, welche sich sowol rechnerisch als graphisch gut darstellen lässt. Dazu ist nun zunächst die Bestimmung der bewegten Masse nothwendig.

Die auf die Ventilaxe reducirte Masse sei $M$, dann ist mit Vernachlässigung des Gewichtes der Gelenkverbindung

$$\frac{Me^2}{2} = \left(\frac{Q}{2}e^2 + Pe_1^2\right)\frac{1}{g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

oder

$$M = \left[Q + 2P\left(\frac{e_1}{e}\right)^2\right]\frac{1}{g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Die Anfangsordinate des Dreiecks der bewegenden Kraft ist nach Fig. 9

$$\overline{AB} = 2\,T_1\frac{e_1}{e} + Q - 2\frac{Pe_1}{e} - k$$

$$= Q - k + \frac{2e_1}{e}(T_1 - P) \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Dieser Werth durch $M$ dividirt giebt die grösste beschleunigende Kraft pro Masseneinheit

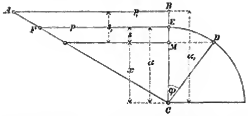
$$p_1 = \frac{Q - k + \frac{2e_1}{e}(T_1 - P)}{M} \quad . \quad . \quad . \quad (8),$$

oder wenn wir mit $T$ die dem Hube $s$ entsprechende Federspannung bezeichnen, folgt

$$p = \frac{Q - k + \frac{2e_1}{e}(T - P)}{M} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Wenn ein materieller Punkt sich in harmonischer Bewegung befindet, so lässt sich seine Geschwindigkeit und die verflossene Zeit graphisch, wie folgt, darstellen.

Fig. 1




Man beschreibt in beistehendem Holzschnitt Fig. 1 um $C$, den Mittelpunkt der harmonischen Bewegung, mit dem Wege $CE$ einen Kreis. Die Horizontale durch den materiellen Punkt $M$ schneidet den Kreis in $D$. Verbindet man $D$ mit $C$, so durchläuft der Punkt $D$ den Kreis mit constanter Geschwindigkeit, während sich $M$ gesetzmässig bewegt, oder mit anderen Worten, der Radius $CD$ dreht sich mit constanter Winkelgeschwindigkeit. Die Geschwindigkeit des Punktes $D$ ist gleich

derjenigen, welche der Punkt $M$ besitzt, wenn er in $C$ ankommt. (Vergl. „Versuch einer graphischen Dynamik" von Dr. R. Proell, Leipzig, 1874. § 14.) Bezeichnen wir die Seite $CE$ mit $a$, die Seite $FE$ mit $p$, so ist die Geschwindigkeit $u$ des Punktes $D$ bestimmbar aus der Gleichung:

$$\frac{u^2}{2} = \frac{ap}{2} \quad \text{also} \quad u = \sqrt{ap} \quad . \quad . \quad . \quad (10).$$

Bezeichnen wir den Winkel $ECD$ mit $\varphi$, so folgt die Zeit, in welcher der Punkt von $E$ aus in die gezeichnete Stellung nach $M$ gelangt

$$t = \frac{a\varphi}{u} = \frac{a\varphi}{\sqrt{ap}} = \varphi\sqrt{\frac{a}{p}} \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Aus Figur 9 und Holzschnitt 1 ergiebt sich

$$\frac{a}{p} = \frac{a_1}{p_1} = \frac{BC}{AB} = \frac{f_1\frac{e}{e_1}}{2T_1\frac{e_1}{e}\cdot\frac{1}{M}} \quad . \quad . \quad (12);$$

also ist

$$t = \varphi\frac{e}{e_1}\sqrt{\frac{Mf_1}{2T_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13).$$

Aus Holzschnitt 1 folgt:

$$\cos\varphi = \frac{a-s}{a} = 1-\frac{s}{a} \quad . \quad . \quad . \quad (14).$$

Nun ist nach Gleichung (9)

$$p = \frac{Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P)}{M}.$$

Aus Gleichung (12) folgt:

$$a = \frac{pM.f_1\frac{e}{e_1}}{2T_1\frac{e_1}{e}}$$

$$a = \left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2\frac{f_1}{2T_1} \quad (14a).$$

Somit ist

$$\cos\varphi = 1-\frac{s}{a} = 1-\frac{s}{\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2\frac{f_1}{2T_1}} \quad (15).$$

Setzen wir diesen Werth in Gleichung (13) ein, so folgt:

$$t = \text{arc cos}\left\{1-\frac{s}{\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2\frac{f_1}{2T_1}}\right\}\frac{e}{e_1}\sqrt{\frac{Mf_1}{2T_1}} \quad (16).$$

Diese Gleichung giebt die jedem Ventilhube $s$ entsprechende Fallzeit $t$.

Nennen wir $n$ die Tourenzahl der Maschine pro Minute, $w$ die Winkelgeschwindigkeit, mit welcher sich die Kurbel dreht, so ist bekanntlich

$$w = \frac{\pi n}{30}.$$

Da wir wegen der durch das Schwungrad gleichmässig gemachten Peripheriegeschwindigkeit der Kurbelwarze sehr angenähert $w$ constant setzen können, so folgt:

$$w = \frac{\alpha_d}{t},$$

also

$$\alpha_d = wt = \frac{\pi n}{30}t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17).$$

Setzen wir in diese Gleichung den Werth von $t$ aus Gleichung (16) ein, so folgt der **dynamische Füllungswinkel**

$$\alpha_d = \frac{\pi n}{30}\text{arc cos}\left\{1-\frac{s}{\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2\frac{f_1}{2T_1}}\right\}\frac{e}{e_1}\sqrt{\frac{Mf_1}{2T_1}} \quad (18).$$

In dieser Gleichung kommen nur zwei Variable vor, $s$ und $T$. Alle anderen Grössen sind als gegeben zu betrachten.

Aus Holzschnitt 1 folgt mit Berücksichtigung der Gleichung (12):

$$\frac{a_1}{p_1} = \frac{a_1-(s_1-s)}{p} = \frac{f_1\left(\frac{e}{e_1}\right)^2 M}{2T_1},$$

woraus sich ergiebt:

$$p = \frac{2T_1[a_1-(s_1-s)]}{f_1\left(\frac{e}{e_1}\right)^2 M}.$$

Nun ist nach Gleichung (9)

$$p = \frac{Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P)}{M},$$

somit folgt:

$$Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P) = \frac{2T_1[a_1-(s_1-s)]}{f_1\left(\frac{e}{e_1}\right)^2}$$

bezw.

$$\frac{f_1}{2T_1}\left(\frac{e}{e_1}\right)^2\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P)\right] = a_1-(s_1-s).$$

Nun ist aber nach Gleichung (14a)

$$a_1 = \frac{f_1}{2T_1}\left(\frac{e}{e_1}\right)^2\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T_1-P)\right];$$

mithin folgt:

$$s_1-s = \frac{f_1}{2T_1}\left(\frac{e}{e_1}\right)^2\cdot\frac{2e_1}{e}(T_1-T) = \frac{f_1}{T_1}\frac{e}{e_1}(T_1-T)$$

$$= f_1\frac{e}{e_1}\left(1-\frac{T}{T_1}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19).$$

Diese Gleichung giebt die Beziehung zwischen $s$ und $T$.

Es folgt aus derselben:

$$1-\frac{T}{T_1} = \frac{e_1}{f_1 e}(s_1-s)$$

oder

$$T = T_1\left\{1-\frac{e_1}{f_1 e}(s_1-s)\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (20).$$

Würden wir diesen Werth von $T$ in Gleichung (18) einsetzen, so würden wir nur die eine Variable $s$ in der Gleichung haben. Für jeden angenommenen Ventilhub $s$ lässt sich also mit Zuhilfenahme der Gleichung (20) aus Gleichung (18) der dynamische Füllungswinkel $\alpha_d$ ermitteln.

Der Ventilhub $s$ ist nun aber andererseits abhängig von der Höhenlage des Verstellungskeiles. Befindet sich dieser in der tiefsten Stellung, tritt also keine Auslösung im Corliss-Mechanismus ein, so nimmt $s$ seinen grössten Werth $s_1$ an. Diesem entspricht der kinematische Füllungswinkel

$$\alpha_k = 90^0 - \delta.$$

Je nach der Profilirung des Verstellungskeiles wird hiernach jedem Ventilhube $s$ ein bestimmter kinematischer Füllungswinkel entsprechen.

Diese Abhängigkeit rechnerisch zu bestimmen ist sehr schwer, ja sogar unmöglich, sobald für das Profil des Verstellungskeiles eine empirische Curve gewählt ist. Im vorliegenden Falle interessirt es hauptsächlich, zu wissen, wie gross im Grenzfall der dynamische

Füllungswinkel werden kann. Wir erhalten den Maximalwerth desselben, wenn wir in Gleichung (18) für $s$ und $T$ die Maximalwerthe $s_1$ und $T_1$ einsetzen. Es folgt dann:

$$\alpha_{d\,max} = \frac{\pi n}{30} \text{ arc cos} \left\{ 1 - \frac{s_1}{\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T_1-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2 \frac{f_1}{2T_1}} \right\} \frac{e}{e_1} \sqrt{\frac{M f_1}{2 T_1}} \quad (21).$$

Der diesem Maximalwerthe des dynamischen Füllungswinkel entsprechende kinematische Füllungswinkel ist

$$\alpha_k = 90^0 - \delta,$$

also folgt:

$$A_{max} = \alpha_{k\,max} + \alpha_{d\,max} =$$

$$90^0 - \delta + \frac{\pi n}{30} \text{ arc cos} \left\{ 1 - \frac{s_1}{\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T_1-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2 \frac{f_1}{2T_1}} \right\} \frac{e}{e_1} \sqrt{\frac{M f_1}{2 T_1}} \quad (22).$$

Wir haben nun noch die Abschlussgeschwindigkeit des Ventils zu bestimmen.

Nach Gleichung (10) ist $u = \sqrt{a p}$. Setzen wir in derselben

$$a = \frac{p M f_1 \left(\frac{e}{e_1}\right)^2}{2 T_1} \quad \text{und}$$

$$p = \frac{Q - k + \frac{2e_1}{e}(T - P)}{M}$$

ein, so folgt:

$$a p = \frac{p^2 M f_1 \left(\frac{e}{e_1}\right)^2}{2 T_1}$$

$$\sqrt{a p} = p \frac{e}{e_1} \sqrt{\frac{M f_1}{2 T_1}},$$

also

$$u = \frac{Q - k + \frac{2e_1}{e}(T - P)}{M} \frac{e}{e_1} \sqrt{\frac{M f_1}{2 T_1}} \quad . \quad . \quad (23).$$

Es ist eine bekannte Thatsache, dass sich bei einer harmonischen Bewegung die Geschwindigkeit des Punktes $M$ proportional den Ordinaten einer Ellipse ändert, deren halbe grosse Axe $a$ und deren halbe kleine Axe $u$ ist. (Vergl. „Versuch einer graphischen Dynamik“, S. 23 ff.) Die Mittelpunktsgleichung der Geschwindigkeitsellipse ist sonach

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{v^2}{u^2} = 1,$$

worin $x$ die Abscisse, $v$ die Ordinate der Ellipse bedeutet.

Es ist nach Holzschnitt 1 $x = a - s$; somit folgt:

$$\frac{(a-s)^2}{a^2} + \frac{v^2}{u^2} = 1$$

und hieraus

$$v = \frac{u}{a} \sqrt{2 a s - s^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25).$$

Es ist $v$ die dem Ventilhube $s$ entsprechende Abschlussgeschwindigkeit. Setzen wir in diese Gleichung die Werthe für $u$ und $a$ aus Gleichung (23) und Gleichung (14a), so folgt nach einigen Reductionen:

$$v = \frac{e_1}{e} \sqrt{\frac{2 T_1 s}{M f_1}} \sqrt{2\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2 \frac{f_1}{2T_1} - s} \quad (25a).$$

Die Variablen $T$ und $s$ stehen in der durch Gleichung (20) ausgedrückten Beziehung. $v$ erhält seinen Maximalwerth für $s = s_1$. Es folgt somit:

$$v_1 = \frac{e_1}{e} \sqrt{\frac{2 T_1 s_1}{M f_1}} \sqrt{2\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T_1-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2 \frac{f_1}{2T_1} - s_1} \quad (26).$$

**Beispiel.** Für den Apparat zu 130$^{mm}$ Rohrdurchmesser ergiebt sich das Gewicht von Ventil mit Stange, Hebekopf und Bremskolben $Q = 12{,}8^k$; das Gewicht von einem Gleitstück $P = 5{,}5^k$; das Hebelverhältniss $\frac{e_1}{e} = \frac{4}{3}$; die Stopfbuchsenreibung werde zu $K = 10^k$ veranschlagt; die Tourenzahl der Maschine betrage $n = 40$, dem entsprechend ist die Winkelgeschwindigkeit

$$w = \frac{\pi n}{30} = 4{,}188.$$

Es folgt nun nach Gleichung (6) die auf die Ventilaxe reducirte und zu bewegende Masse

$$M = \left(Q + 2P\left(\frac{e_1}{e}\right)^2\right)\frac{1}{g}$$

$$M = \left(12{,}8 + 2 \,.\, 5{,}5 \,.\, \left(\frac{4}{3}\right)^2\right)\frac{1}{9810}$$

$$M = \frac{12{,}8 + 19{,}5}{9810} = \frac{32{,}3}{9810}$$

$$M \backsim 0{,}0033.$$

Ferner werde die Maximalspannung einer Feder zu

$$T_1 = 0{,}1^k \text{ und } f_1 = 133^{mm}$$

angenommen. Zur Berechnung des Maximalwerthes des dynamischen Füllungswinkels nach Gleichung (21) bilden wir

$$Q-k+\frac{2e_1}{e}(T_1-P) = 12{,}8 - 10 + \frac{8}{3}(9{,}4 - 5{,}5) = 13{,}2,$$

ferner

$$\frac{f_1}{2T_1} = \frac{133}{18{,}8} = 7{,}07$$

$$\sqrt{\frac{M f_1}{2 T_1}} = \sqrt{0{,}0033 \,.\, 7{,}07} = \sqrt{0{,}0233} = 0{,}1526.$$

Es sei $s_1 = 15^{mm}$. Dann folgt zunächst

$$\text{arc cos}\left\{1 - \frac{s_1}{\left[Q-k+\frac{2e_1}{e}(T_1-P)\right]\left(\frac{e}{e_1}\right)^2 \frac{f_1}{2T_1}}\right\}$$

$$= \text{arc cos}\left\{1 - \frac{15}{13{,}2 \,.\, \frac{9}{16} \,.\, 7{,}07}\right\}$$

$$= \text{arc cos}\left\{1 - 0{,}286\right\}$$

$$= \text{arc cos } 0{,}714 = 44^0\, 25'.$$

Es ergiebt sich nunmehr

$$\alpha_{d\,max} = 4{,}188 \cdot 44{,}4 \cdot \frac{3}{4} \cdot 0{,}1526 = 21^0\, 12'.$$

Nehmen wir an, dass der Vertheilungsschieber sowie der Apparat von einem Excentrik mit $\delta = 30^0$ Voreilung betrieben werde, so folgt:

$$\alpha_{k\,max} = 90^0 - \delta = 90^0 - 30^0 = 60^0$$

und somit

$$A_{max} = \alpha_{k\,max} + \alpha_{d\,max} = 60^0 + 21^0\,12' = 81^0\,12'.$$

Diesem Winkel entspricht nahezu halbe Füllung. Der Apparat giebt also im äussersten Falle, wenn die in den Annahmen gemachten Voraussetzungen erfüllt sind, halbe Füllungen.

Die Maximal-Abschlussgeschwindigkeit des Ventils ergiebt sich nach Gleichung (26)

$$v_1 = \frac{e_1}{e}\sqrt{\frac{2T_1 s_1}{Mf_1}}\sqrt{2\left(Q-k+\frac{2e_1}{e}(T_1-P)\right)\left(\frac{e}{e_1}\right)^2\frac{f_1}{2T_1}-s_1}$$

zu

$$v_1 = \frac{4}{3}\sqrt{\frac{15}{0{,}0233}}\sqrt{2\cdot 13{,}2\cdot\frac{9}{16}\cdot 7{,}07-15}$$

$$v_1 = \frac{4}{3}\sqrt{643}\sqrt{105-15}$$

$$v_1 = \frac{4}{3}\sqrt{57870} = \frac{4}{3}\cdot 240 = 320^{mm}.$$

Die vorgenommene Rechnung zeigt, dass es keine Schwierigkeit hat, in jedem einzelnen Falle die einem bestimmten Ventilhube $s$ entsprechenden Werthe des dynamischen Füllungswinkels und der Abschlussgeschwindigkeit zu bestimmen. Wie sich aber die genannten Werthe mit $s$ ändern, lässt sich nicht ohne weiteres klar überblicken. Zu dem Ende erscheint es sehr zweckmässig, die Vorgänge während der dynamischen Füllungsperiode durch ein Diagramm darzustellen. Durch Combination dieses Diagramms mit dem des Vertheilungsschiebers gelangen wir zu einem Steuerungsdiagramm, dessen Construction im Folgenden begründet werden soll. Es wurde vorhin gezeigt, in welcher Weise das Reuleaux'sche Diagramm klaren Aufschluss über die Erscheinungen innerhalb der kinematischen Füllungsperiode giebt. Wir wollen annehmen, die Auslösung im Corliss-Mechanismus erfolge in dem Moment, in welchem die Kurbel die Stellung $OR_1$ einnehme. Holzschnitt Fig. 2.

Dann ist die Ordinate $R_1U_1$ proportional dem Ventilhube $s$, den wir, wie früher gezeigt, in wahrer Grösse erhalten, wenn wir $R_1U_1$ mit dem Quotienten $\frac{s_m}{r}$ multiplieiren, mit anderen Worten: Wir müssen uns den Ventilhub $s$ im Verhältniss von $\frac{r}{s_m}$ vergrössert denken.

Die Strecke $R_1U_1$ stellt die dem $\angle\,\alpha_k$ entsprechende Fallhöhe des Ventils, die Strecke $R_2U_2$ die dem $\angle\,90^0-\delta$ entsprechende Maximal-Fallhöhe $s_1$ dar. Wenn wir nun ausserhalb des Kreises zu $R_1U_1$ eine Parallele $MM$ ziehen und auf diese von $R_1$ bezw. $R_2$ die Lothe $R_1E$ und $R_2B$ fällen, von $B$ auf $R_2B$ die Strecke $AB = p$, welche Grösse die die Masseneinheit des Ventils und der zusammengehörigen Theile beschleunigende Kraft darstellt, abstecken, endlich auf $MM$ die Strecke $CB = a_1$ machen, so erhalten wir zunächst durch Verbindung der beiden Punkte $A$ und $C$ ein Beschleunigungsdreieck $ABC$, welches dem in Holzschnitt 1 gezeichneten entspricht. Von diesem Dreieck wird, wenn die Auslösung bei der Kurbelstellung $OR_1$ beginnt, nur das schraffirte Trapez $FEGH$ benutzt.

Um nun die von $E$ beginnende Fallbewegung des Ventils graphisch zu veranschaulichen, beschreiben wir um $C$, den Eckpunkt des Beschleunigungsdreiecks, mit $CE = a$ einen Kreis, der die Linie $SS$ (ideale Ueberdeckungslinie des Ventils) im Punkte $J$ schneidet. Nach den früheren Angaben wissen wir, dass während der Punkt $E$ gemäss den beschleunigenden Kräften sich bewegt, der Schnittpunkt des in $E$ errichteten Lothes mit dem Kreise sich mit constanter Geschwindigkeit $u$ bewegt. Wir erhalten also die in gleichen Zeittheilen zurückgelegten Wegstrecken, wenn wir den Bogen $EJ$ in eine Anzahl, etwa vier gleiche Theile theilen. Diese Theilpunkte sind in der Figur mit 1, 2, 3 bezeichnet. Der Radius des Kreises um $C$ bewegt sich mit constanter Winkelgeschwindigkeit $\frac{\varphi}{t}$.

Während der Fallzeit des Ventils bewegt sich die Kurbel mit der constanten Geschwindigkeit

$$w = \frac{\alpha}{t}.$$

Würden wir wissen, in welchem Verhältniss $\frac{\varphi}{t}$ zu $\frac{\alpha}{t}$ steht, so könnten wir sofort den dem kinematischen Füllungswinkel $\alpha_k$ entsprechenden dynamischen Füllungswinkel $\alpha_d$ bestimmen.

Nach Gleichung (13) folgt:

$$\frac{\varphi}{t} = \frac{e_1}{e}\sqrt{\frac{2T_1}{Mf_1}}.$$

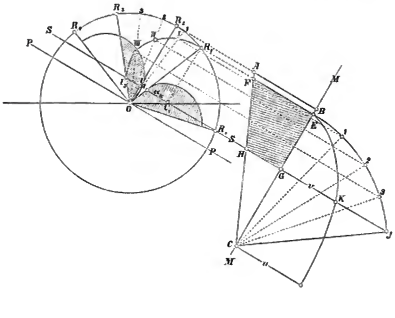
Aus $w = \frac{\alpha}{t}$ folgt

$$t = \frac{\alpha}{w},$$

also

$$\frac{\varphi}{\alpha} = \frac{1}{w}\frac{e_1}{e}\sqrt{\frac{2T_1}{Mf_1}}.$$

Fig. 2 und 3




Es ist $\angle\,\varphi$ der Zeichnung zu entnehmen, also ist auch $\alpha$, wofür wir hier $\alpha_d$ setzen müssen, bestimmt.

Tragen wir nun im Steuerungsdiagramm, Holzschnitt 2, an den Radius $OR_1$ den so bestimmten $\angle\,\alpha_d$ an, theilen den Bogen $R_1R_3$ in ebenso viele (vier) gleiche Theile wie den Bogen $JE$ in Holzschnitt 3 und ziehen vom Mittelpunkt $O$ Radien nach den Theilpunkten 1, 2, 3, so entspricht jedem Radius in Holzschnitt 2 eine bestimmte Fallhöhe,

die in Fig. 2 durch je einen normalen Abstand der Punkte 1, 2, 3 von der Geraden $SS$ dargestellt ist. Wenn wir hiernach parallel zu $SS$ von den Theilpunkten 1, 2, 3 Linien nach dem Steuerungsdiagramm herüberziehen, so schneiden diese die entsprechenden Radien in drei Punkten I, II, III.

Die Punkte $R_1$, I, II, III, $U_3$ bestimmen eine Curve, die für die dynamische Füllungsperiode genau dieselbe Rolle spielt wie der Bogen $R_0 R_1$ des Schieberkreises für die kinematische Füllungsperiode. Diese Curve nennen wir die Schlusscurve, weil sie gewissermassen die Figur $U_0 R_1 U_3$ schliesst. Die Curve stellt insbesondere die Abhängigkeit dar, welche nach erfolgter Auslösung zwischen dem Ventilhube $s$ und dem Drehwinkel der Kurbel besteht.

In ähnlicher Weise lassen sich graphisch auch die Geschwindigkeiten darstellen.

Es ist bekannt, dass, wenn man mit der Maximalgeschwindigkeit des Schiebers

$$w_1 = rw$$

einen Kreis beschreibt, dessen Durchmesser auf der Geraden $PP$ liegt und durch den Mittelpunkt $O$ geht, die Sehnen desselben, welche der Kurbelradius abschneidet, die der Stellung des letzteren entsprechenden Schiebergeschwindigkeiten darstellen. Diese Sehnen stellen aber auch gleichzeitig die im Verhältniss von $r : s_m$ vergrösserten Hebungsgeschwindigkeiten des Ventils dar, die Kurbelradien $OR_1$ und $OR_0$ schneiden aus diesem Geschwindigkeitskreis einen (in Holzschnitt 2 schraffirten) Kreissector.

Wir erwähnten früher, dass die jeweiligen Geschwindigkeiten, mit welchen sich ein in harmonischer Bewegung befindlicher Punkt bewegt, sich durch die Ordinaten einer Ellipse darstellen lassen. Diese Geschwindigkeitsellipse ist in der Hilfsfigur Holzschnitt 3 verzeichnet. Die Ordinate $GK$ derselben giebt die Abschlussgeschwindigkeit $v$, die halbe kleine Axe derselben ist die früher mit $u$ bezeichnete und durch Gleichung (23) bestimmte Geschwindigkeit.

Wenn wir nun in $O$ auf dem Auslösungsstrahl $OR_1$ eine Senkrechte $OR_4$ errichten und über dieser einen Halbkreis mit dem Werthe $u$ als Durchmesser beschreiben, der durch $O$ geht, so schneiden die Radien im $\angle R_1 O R_3$ Sehnen ab (der betreffende Kreissector ist in Holzschnitt 2 schraffirt), welche, wie leicht einzusehen, sich genau so ändern wie die Ordinaten der Geschwindigkeitsellipse in der Hilfsfigur. Wir erhalten also auch für die Periode der dynamischen Füllung einen ganz ähnlich gelegenen Geschwindigkeitskreis, dessen Sehnen die jeweiligen Fallgeschwindigkeiten des Ventils darstellen.

In vorliegender Gestalt giebt das vervollständigte Diagramm vollständigen Aufschluss über die Bewegungsverhältnisse während der kinematischen und dynamischen Füllungsperiode. Selbstverständlich gehören die verzeichneten Kreise und Curven nur dem durch den $\angle \alpha$ eindeutig bestimmten Auslösungsstrahl $OR_1$ an. Aendert sich dieser, d. h. findet die Auslösung an einer anderen Stelle statt, so ändern sich auch alle anderen Werthe.

## Praktische Behandlung des Apparates und Versuchsresultate.

Es wurde bereits in der Einleitung darauf hingewiesen, in wie leichter Weise sich der Apparat an jeder Schiebermaschine anbringen lässt. Fig. 5, Taf. XVI, zeigt eine solche Anordnung.

Bei der Construction des Apparates ist möglichst viel Rücksicht auf leichte Zugänglichkeit aller Theile genommen. Insbesondere gestattet die freie Lage der Spiralfedern unter den Gleitstücken eine schnelle Auswechselung derselben. Mittelst der Schraube im Deckel des Regulatorkopfes kann man in bequemer Weise die untere Grenze der Füllung einstellen. Die Nüsse, an welchen die Auslösungsklinken hängen, sind zwischen zwei Muttern gesetzt (in der Zeichnung nicht angegeben), sonach in ihrer Höhenlage sehr leicht verstellbar. Es ist dadurch ein Mittel gegeben, den Apparat genau jeder Maschine in Bezug auf die Voreilung anzupassen.

Wenn der Steuerhebel $A$ (s. Fig. 1) sich in seiner mittleren Lage befindet, so berühren sich noch nicht die Stahlnasen der Auslösungsklinken, mit denen der Gleitstücke. Der Spielraum zwischen den beiden zur Berührung kommenden Flächen ist

$$x = s_0 \frac{e_1}{e}.$$

Da wir nun die äussere Ueberdeckung des Grundschiebers $e$ als gegeben betrachten müssen und die früher aufgestellte Bedingung (1)

$$s_0 \frac{r}{s_m} < e$$

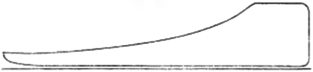
zu erfüllen haben, so folgt:

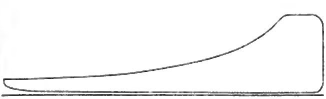
$$\frac{x\,e}{e_1} \cdot \frac{r}{s_m} < e.$$

Alle Grössen sind mit Ausnahme von $x$ als gegeben zu betrachten, mithin erfüllt man die gestellte Bedingung durch Aenderung von $x$, und dies geschieht in leichtester Weise durch eine höhere oder niedere Einstellung der Nüsse mittelst der Muttern.

An der mit einem Apparat von beschriebener Construction ausgerüsteten Betriebsmaschine der Maschinenfabrik Lauchhammer (Eisenwerk Lauchhammer) sind umfassende Versuche vorgenommen worden. Die Maschine arbeitete früher mit Meyer'scher Expansion und Drosselregulirung. Die Expansionssteuerung wurde entfernt und in den Schieberkasten zur Herabminderung des schädlichen Raumes ein Füllstück eingesetzt. In den Holzschnitten 4 und 5 sind mehrere im December

Fig. 4 und 5





1878 an der Lauchhammerschen Maschine abgenommene Diagramme abgebildet, welche deutlich zeigen, wie exact die Dampfvertheilung durch den Apparat bewirkt wurde, dabei hatte die Maschine einen ausserordentlich ruhigen und gleichmässigen Gang.

Es wurde angenommen, der Steuerhebel im Apparate werde mit der Excentrikstange des Vertheilungsschiebers gekuppelt und darauf die Construction des Steuerungsdiagramms begründet. Insbesondere folgte für das durchgerechnete Beispiel eine Maximalfüllung von $^1/_2$. Die Frage liegt nun nahe, ob es nicht möglich ist, grössere Füllungen mit dem Apparate zu erzielen. Es ist dies möglich und zwar in folgender Weise.

Die Gleichung (22) lehrt, dass den grössten Beitrag zu dem Maximalwerth des totalen Füllungswinkels der Grenzwerth des kinematischen Füllungswinkels liefert und zwar $90^0 - \delta$.

Da der Vorgang auf der einen Seite des Apparates insbesondere das Abwärtsdrücken des Gleitstückes den auf der anderen Seite nicht stört, so können wir den Steuerhebel im Apparat auch mit einem Excentrik kuppeln, welches nur um $\delta^0$ gegen die Kurbel versetzt ist. Der kinematische Füllungswinkel ist dann im Maximum

$$\alpha_i = 180^0 - \delta.$$

Hierzu kommt noch der dynamische Füllungswinkel, der bei dem angeführten Beispiele etwa $^2/_3\, \delta$ betrug.

Es würde in diesem Falle also

$$A_{max} = 180^0 - \delta + {}^2/_3\,\delta = 180^0 - {}^1/_3\,\delta$$

sein und bei $\delta = 30^0$

$$A_{max} = 170^0.$$

Wir würden also beinahe volle Füllung erhalten. In Wirklichkeit kann dieser Füllungswinkel nicht ganz erreicht werden, da der mit innerer Ueberdeckung $i$ versehene Vertheilungsschieber schon bei einem Kurbelwinkel $\alpha$ den Dampfeintritts-Canal abschliesst, der aus Gleichung

$$R_1 W_1 = 0 = r \sin(\alpha + \delta) - i$$

bestimmt ist. Es folgt hieraus

$$\sin(\alpha + \delta) = \frac{i}{r}$$

$$\alpha + \delta = \arc \sin \frac{i}{r}$$

$$\alpha = \arc \sin \frac{i}{r} - \delta.$$

Fällt $A_{max}$ grösser als der aus dieser Gleichung bestimmbare $\angle\, \alpha$ aus, so bestimmt der letztere Winkel den Maximalfüllungsgrad.

Das Reuleaux'sche Diagramm lässt erkennen, dass $\alpha < 180^0 - \delta$ ist. Es ist im Grenzfall $\alpha = 180^0 - \delta$ für $i = 0$.

Wenn die Kurbel um $\delta^0$ vor dem todten Punkte steht, so befindet sich der Steuerhebel $A$ im Apparat in einer seiner äussersten Stellungen, seine Mittellinie bildet den grössten Winkel mit der Horizontalen. Die zur Berührung kommenden Stahlnasen haben den Abstand $x$ von einander. Nähert sich nun die Kurbel dem todten Punkte, so wird $x = 0$, es gelangen die Stahlnasen zur Berührung, es erfolgt ein Abwärtsdrücken des einen Gleitstückes und somit ein Oeffnen des Ventils. Entsprechend der Voreilung des letzteren geschieht dies, bevor die Kurbel in den todten Punkt gekommen ist. Auf der anderen Seite des Apparates erscheint die Auslösungsklinke durch den Verstellungskeil des Regulators abgedrängt. Die Klinke hebt sich, während das zugehörige Gleitstück sich senkt. Eine Collision der Stahlnasen oder irgend welche Störung der auf der einen Seite eingeleiteten Bewegung durch den Mechanismus auf der anderen Seite ist nicht denkbar. Während nun die Kurbel aus dem todten Punkte sich um $180^0 - \delta$ dreht, erfolgen je nach der Stellung des Keils die Auslösung und der Schluss des Ventils genau in derselben Weise wie in dem früher angenommenen Falle.

Die Steuerung des Apparates mit einem um $90^0 + \delta$ bezw. um $\delta$ gegen die Kurbel aufgekeilten Excentrik kennzeichnet sich äusserlich auch dadurch, dass im ersten Falle der Anhub des Ventils unterhalb, im zweiten Falle oberhalb der Mittellinie erfolgt.

Wie die Steuerung des Apparates mittelst eines um $\delta^0$ gegen die Kurbel aufgekeilten Excentrik vor sich geht, lässt sich wie folgt auch durch ein Diagramm erkennen.

In Fig. 10, Taf. XVIII, ist schematisch die Verbindung des Excentrik mit dem Steuerhebel im Apparate dargestellt.

Die Kurbel habe sich um $\alpha^0$ aus dem todten Punkte gedreht. Wäre kein todter Gang vorhanden, so wäre der Maximalhub des Ventils $= s_m$, derselbe würde einem Ausschub der Excentrikstange gleich der doppelten Excentricität $2r$ entsprechen. Das Hebelübersetzungsverhältniss zwischen Excentrik und Ventil beträgt also $\frac{s_m}{2r}$, vorausgesetzt, dass der in Fig. 10 ersichtliche Winkelhebel gleiche Schenkellängen besitzt.

Wenn wir, wie es allgemein üblich ist, die Länge der Excentrikstange $l$ unendlich gross im Vergleich zu der Excentricität $r$ setzen, so folgt die Erhebung des Ventils bei dem Kurbelwinkel $\alpha$ und dem todten Gange $s_0$ (reducirt auf die Ventilaxe)

$$s = r[1 - \cos(\alpha + \delta)]\frac{s_m}{2r} - s_0$$

$$s = \frac{s_m}{2}[1 - \cos(\alpha + \delta)] - s_0.$$

Wenn wir den Hub $s$ im Verhältniss von $\frac{2r}{s_m}$ vergrössern, so folgt:

$$s\frac{2r}{s_m} = r[1 - \cos(\alpha + \delta)] - s_0\frac{2r}{s_m}.$$

Diese Gleichung lehrt, wie wir im Reuleaux'schen Diagramm die jeweiligen Ventileröffnungen graphisch darstellen können. Trägt man wie früher in Holzschnitt Fig. 6 den Durchmesser $PP$ unter dem Winkel $\delta$ an, und zieht an den Schieberkreis in $P$ eine Tangente $NN$, so findet man für den beliebig angenommenen Kurbelradius $OR_1$ den Werth $r[1 - \cos(\alpha + \delta)]$, wenn man von $R_1$ ein Loth auf $NN$ fällt.

Es ist offenbar dieses Loth

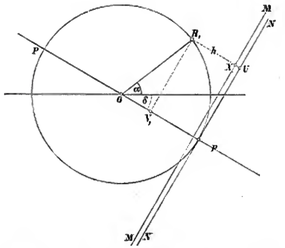
$$h = r[1 - \cos(\alpha + \delta)].$$

Ziehen wir nun parallel $NN$ im Abstande $s_0 \frac{2r}{s_m}$ eine gerade Linie $MM$, so schneidet diese Linie das Loth $h$ im Punkte $X$, und es ist

$$R_1 X_1 = r\,[1 - \cos(\alpha + \delta)] - s_0 \frac{2r}{s_m}.$$

Die Abstände der Kurbel-Endpunkte $R$ von der Geraden $MM$ geben also die Eröffnungen des Ventils im Massstabe $2r : s_m$ vergrössert.

Fig. 6




Würde nun in $R_1$ die Auslösung erfolgen, so stellte die Strecke $R_1 X_1$ die Höhe dar, welche das Ventil zu durchfallen hätte. Wir würden ebenso wie früher die Hilfsfigur der harmonischen Bewegung nur um 90° gegen früher verdreht zu zeichnen haben, um sofort die Schlusscurve zu erhalten, welche die Bewegung des Ventils während der dynamischen Füllungsperiode kennzeichnet. Das Reuleaux'sche Diagramm des Vertheilungsschiebers bleibt selbstverständlich ungeändert. Wie früher erhalten wir in dem Abstande $R_1 V_1$ die Eröffnung des Dampfeinlass-Canals durch den Vertheilungsschieber.

Im Falle das zweite Excentrik unter dem von $\delta$ verschiedenen Winkel $\delta_1$ aufgekeilt wird, steht die Tangente $NN$ senkrecht auf dem unter $\delta_1$ angetragenen Durchmesser. Die Abstände $R_1 V_1$ und $R_1 X_1$ stehen dann nicht mehr senkrecht auf einander, sondern bilden einen Winkel mit einander $= 90^0 - (\delta_1 - \delta)$. Die Umänderung eines Apparates mit $^1/_2$ als Maximalfüllung in einer solchen, der mehr als $^1/_2$ Füllung zulässt, beeinflusst nur die Befestigung der Nüsse auf den Führungsstangen bezw. die Länge der Stahlplatten an den Auslösungsklinken und den Gleitstücken, dieselbe kann also in leichtester Weise vorgenommen werden. Es ist dies von grosser Bedeutung für die Specialfabrikation der Apparate, die in um so höherem Grade lohnend erscheint, je mehr die Modelle ungeändert bleiben.

## Der Apparat in Verbindung mit neu zu erbauenden Maschinen.

Wir haben in dem Vorausgegangenen gezeigt, wie sehr sich der Apparat in der in Fig. 1 und 2, Taf. XVIII, gegebenen Gestalt zur Umwandlung von Schiebermaschinen in Corliss-Maschinen eignet. Die Forderung, dass diese Umwandlung in kürzester Zeit zu erfolgen habe, bedingte die Construction des Apparates in der gegebenen Gestalt.

Zieht man nun einen Vergleich zwischen einer neuen Corliss-Maschine und einer durch den Proell'schen Apparat mit Corliss-Steuerung versehenen Maschine, so findet man, dass mit demselben, wie es ja auch in der Natur der Sache liegt, noch nicht das Vollkommenste erreicht ist. Nach Schluss des Ventils expandirt der Dampf sowol in den Schiebercanälen als im Schieberkasten, soweit derselbe von dem eingesetzten Füllstück nicht ausgefüllt ist, während in einer mit getrennten Ein- und Auslassorganen versehenen Corliss-Maschine der schädliche Raum verhältnissmässig sehr klein ist. Es erscheint nun sehr wünschenswerth, mit dem Apparate ebenfalls den schädlichen Raum auf das geringste Mass zu reduciren. Diese Forderung lässt sich erfüllen, sobald wir statt eines, zwei Ventile wählen, die an den Enden des Cylinders angeordnet, den Eintritt des Dampfes in den Cylinder beherrschen. Diese Anordnung empfiehlt sich, wenn man den Cylinder auswechselt oder eine ganz neue Maschine baut. Die Construction ist in Fig. 6, Taf. XVIII dargestellt.

Der Apparat ist hier vom Ventile losgelöst und fest auf ein am Cylinder angegossenes Consol geschraubt. An den Enden des Cylinders befinden sich genau wie bei der Sulzer-Maschine zwei Ventile, deren Stangen ausserhalb des Deckels mit Hebeköpfen versehen sind. Eine passende Hebelverbindung führt von diesen Köpfen nach den Gleitstücken, die Spiralfedern können unter diesen belassen bleiben oder aber, wie es bei der Sulzer-Steuerung üblich ist, direct in die über jedem Ventil befindliche Luftbremse gestellt werden.

Der Auslass des Dampfes kann entweder ebenfalls mit getrennten Ventilen bezw. Plattenschiebern oder auch durch einen Schieber bewirkt werden, der dann selbstverständlich mit soweit übergreifenden Lappen versehen sein muss, dass ein Uebertritt des Dampfes aus dem Cylinder in den Schieberkasten nicht stattfinden kann.

Der Steuerhebel im Apparat wird genau in derselben Weise wie früher entweder mit einem um $90^0 + \delta$ oder um $\delta_1^0$ gegen die Kurbel versetzten Excentrik gekuppelt.

Die Gleitstücke auf den Führungsstangen werden abwechselnd abwärts gedrückt. Dadurch werden die Ventile abwechselnd geöffnet, bis nach erfolgter Auslösung die frei gewordene Spannung der Spiralfedern den Schluss der Ventile veranlasst.

Es ist ersichtlich, dass auch in diesem Falle der Apparat exact wirken muss, da es ja für die Wirkung desselben gleichgiltig ist, ob die Bewegung der Gleitstücke nach innen oder nach aussen auf ein oder zwei Ventile geleitet wird. Da der Apparat auch in dieser Gestalt mit Ausschluss der Dampfeinlassorgane Alles in sich vereinigt, was zur Corliss-Steuerung, Regulirung

Fig. 1.

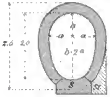


Fig. 2.

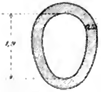


Fig. 3.

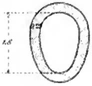


Fig. 4.



Fig. 5

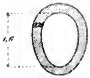


Fig. 6.

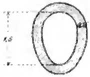


Fig. 7

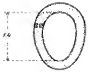


Fig. 8

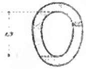


Fig. 9.



Fig. 13



Fig. 14

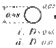


Fig. 16.

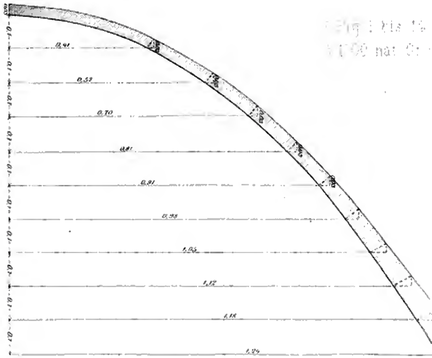


Fig. 10.



Fig. 11

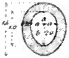


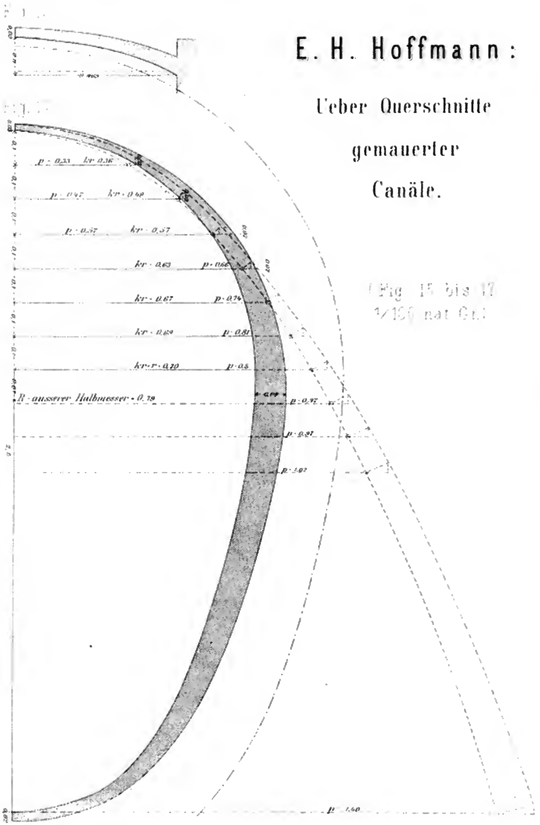
Fig. 12.



# E. H. Hoffmann:

## Ueber Querschnitte gemauerter Canäle.

(Fig. 15 bis 17 1/100 nat. Gr.)



und Absperrung gehört, so kann man sich über die Construction jener unabhängig von dem Apparate schlüssig werden. Ob zu Dampfeinlassorganen, Ventile, Hähne oder Plattenschieber verwendet werden, ist gleichgiltig, wie auch aus Fig. 6 insbesondere erhellt. In jedem besonderen Falle kann in leichtester Weise die besondere Hebelverbindung getroffen werden, durch welche der Ausschlag des Steuerhebels im Apparat in ein passendes Verhältniss zum Hube des Ventils, zur Drehung des Hahnes oder zum Wege des Plattenschiebers gebracht wird.

Die so erhaltene Maschine kann dann in jeder Beziehung mit einer neuen Corliss-Maschine concurriren. In einzelnen Fällen dürfte auch die Auswechselung der Cylinder bei alten Maschinen, um die Dampfvertheilung so ökonomisch wie möglich zu erhalten, angehen. Im Weiteren erscheint auch die Ausrüstung von Compoundmaschinen mit diesem Apparate sehr zweckmässig und leicht sowol bei directem Dampfübertritt als bei Vorhandensein eines Receivers.

Dresden, im Februar 1879.

---

# Ueber Querschnitte gemauerter Canäle.

Von **E. H. Hoffmann**, Kreisbaumeister a. D. in Berlin.

(Hierzu Blatt 19.)

Die Fig. 1 bis 13 auf Blatt 19 sind die Querschnitte von ebenso viel Canalgrössen, deren lichte Oeffnungen, nach demselben Gesetze gebildet, $2{,}0$ bis $0{,}8^{m}$ Höhenaxe und dem entsprechende Breitenaxen haben. Die Wandungen dieser Canäle, deren Oeffnungen fast um das Sechsfache an Fläche verschieden sind, haben 1 Stein, also $25^{cm}$ Stärke, und nur in den Sohlstücken *S*, welche in Fig. 1 und 13 angedeutet, bei den übrigen Figuren aber fortgelassen sind, um die Einfachheit der anzustellenden Betrachtungen zu vermehren, ist eine grössere Stärke vorhanden.

Ausserdem kommt es bei den grösseren Querschnitten vor, dass ausser diesem Sohlstück noch Verstärkungen des Querschnittes nothwendig werden, welche in Fig. 1 rechtsseitig mit *St* bezeichnet sind, weil sie als Stützen aufzufassen richtig sein dürfte. Auch diese mögen unbeachtet bleiben. —

Sieht man von den Mauerwerksmassen, welche in den Sohlstücken *S* und den Stützen *St* über das oben angegebene Wandstärkenmass von $25^{cm}$ hinausgehen, ab, so werden die Fig. 1 bis 13, wenn auch in verringertem Masse als die Wirklichkeit, so doch ausreichend die ungleichen Verhältnisse erkennen lassen, welche zwischen den von den Wandstärken dieser Canäle bedeckten Flächen und den Flächen der Oeffnungen bestehen, und da diese Wandungen sämmtlich auf ein und dieselbe Weise, d. h. mit denselben Mauersteinen und demselben Mörtel ausgeführt werden, so ist die Frage eine naheliegende: In welchem dieser Querschnitte wird das Mauerwerk mit einer seinen Eigenschaften entsprechenden Festigkeit und Elasticität in Anspruch genommen, und wo findet ein Zuviel oder Zuwenig statt?

In dem Querschnitt Fig. 1 ist der Mauerflächeninhalt etwas grösser als die Hälfte vom Canalflächeninhalt; in Fig. 13 beträgt jener mehr als das Zweifache von diesem, ist also in letzterem Falle etwa vierfach grösser bei Fig. 13 als bei Fig. 1. Betrachtet man ferner in Fig. 14 den Querschnitt einer gebrannten Thonröhre, welche als nächstfolgende Grössenstufe des $0{,}533^{m}$ breiten Canals Fig. 13 mit $0{,}48^{m}$ innerem und $0{,}52^{m}$ äusserem Durchmesser verzeichnet ist, so ergiebt sich, dass hier die Fläche der Thonrohrmasse nur etwa $^1/_6$ vom Canalflächeninhalt beträgt.

Es findet also zwischen den Wand- und Canalflächen das Verhältniss annähernd statt:

$$\text{Fig. 1 : Fig. 13 : Fig. 14} = {}^1/_2 : {}^4/_2 : {}^1/_6$$
$$= 3 : 12 : 1.$$

Wenn schon der Vergleich von Fig. 1 und 13 auffällig ist, so wird er es noch mehr durch Hinzuziehung von Fig. 14. Mit Bezug auf diese verdienen jedoch zwei Punkte in Betracht gezogen zu werden.

1) Die gemauerten Canäle Fig. 1 bis 13 bestehen aus einzelnen Theilen im Querschnitt; Fig. 14 besteht aus einem Stück.

2) Die Querschnittsformen sind verschiedene, dort Ei- hier Kreisform.

Man könnte vielleicht, wenn man von den durch Jahrhunderte vererbten Anschauungen, welche ich die des Handwerks nennen möchte, durchdrungen ist, noch einen dritten Punkt als der Betrachtung werth halten, und anführen, dass der Thon, aus welchem die Röhren gebrannt zu werden pflegen, ein anderer ist als derjenige, aus welchem die Mauersteine gebrannt werden. Ueber diesen Punkt kann aber mit Stillschweigen, als einen gleichgiltigen für den hier vorliegenden Fall hinweggegangen werden, da im Nachfolgenden die Masse, aus welcher die Wandungen der Canäle gebildet werden, nur in Betreff der Druckfestigkeit und Elasticität in Betracht kommen wird.

Aus dem Vergleich von Fig. 1 bis 13 und Fig. 14 drängt sich die Meinung auf, dass eine ausserordentliche Verschwendung von Mauerwerksmasse mit der Ausführung der Canäle Fig. 1 bis 13 verbunden ist, da in Fig. 13 der Flächeninhalt der Canalwandung zwölffach und in Fig. 1 immer noch dreifach grösser erscheint als in Fig. 14. Aber ganz abgesehen von dem mit Bezug auf Fig. 1 bis 13 fremdartig zu nennenden Querschnitt Fig. 14 erscheint auch das den unter sich gleichartigen Querschnitten 1 bis 13 zu Grunde liegende Bildungsgesetz in Widerspruch zu stehen mit der Natur und dem Verstande. Nach diesem Bildungsgesetze gehört zur grösseren Leistung Fig. 1 verhältnissmässig weniger

Masse als zu jeder der kleineren Leistungen Fig. 2 bis 13, und das Umgekehrte ist das Natürliche, das Verstandesgemässe.

Der Umstand, dass Fig. 14 einen kreisförmigen Querschnitt hat, könnte vielleicht zu der Muthmassung führen, als bedinge die Kreisform der Eiform gegenüber sehr viel geringere Wandmassen.

Das kann allerdings, wenn schon nicht in dem hier festgestellten Verhältniss und unter ganz anderen Voraussetzungen der Fall sein. Für Canäle aber möchte die Eiform der Kreisform, welche nur da die richtige ist, wo auf alle Punkte des Umfanges stets derselbe Druck ausgeübt wird, was bei Canälen nicht der Fall ist, den Vorzug vor der Kreisform verdienen.

Abgesehen jedoch von der überhaupt so grossen Masse, welche die Eiformen der Kreisform gegenüber zeigen, kann ich der Ansicht nicht beipflichten, dass die Wandstärke dieselbe im ganzen Querschnitt des eiförmigen Canals sein müsse, und stelle ich das Nachfolgende zur Prüfung und Beurteilung, ob nicht der in Fig. 17 dargestellte Querschnitt (in Betreff der lichten Oeffnung des Canals sehr nahe übereinstimmend mit Fig. 1) die Gewähr einer für alle Fälle ausreichenden Widerstandsfähigkeit bieten sollte.

Ausgehend von Fig. 14 ist erfahrungsmässig erwiesen, dass die gewöhnlich vorkommenden Belastungen der etwa in $2^m$ Tiefe unter der Erdoberfläche belegenen Canäle von einem Rohr, welches $0{,}02^m$ Wandstärke und $0{,}48^m$ inneren Durchmesser hat, sicher getragen werden.

In Fig. 15 ist der Querschnitt eines Bogens dargestellt, dessen Pfeilhöhe $x = 0{,}11$, dessen Weite $2y = 0{,}93$ und dessen Schlussstärke $c = 0{,}03$ ist. Zwei mit derartigen Bögen vorgenommene Belastungen waren in der Weise von einander verschieden, dass das einemal der belastete Bogen, ganz für sich bestehend, also ohne jeden Zusammenhang seiner Stirnen mit anderen Bogentheilen oder ohne Zusammenhang mit lothrecht aufgehendem Mauerwerk, das anderemal aber in einer Stirn im Zusammenhange mit anderen Bogenflächen sich befand. Im ersteren Falle betrug die Belastung des Bogens $3720^k$ auf den Quadratmeter und senkte sich der Bogen unter dieser Last an den Stirnen unter Bildung eines Risses um $10^{mm}$, in der Mitte um $8^{mm}$. Es wurde also der Zusammenhang seiner Theile aufgehoben und die Elasticitätsgrenze vollständig überschritten. Im anderen, für die Leistung des Bogens insofern günstigeren Fall, als der Zusammenhang einer Stirn mit einer anderen Bogenfläche natürlich die Widerstandsfähigkeit der belasteten Fläche vermehrt, wurde $1^{qm}$ mit $3920^k$ belastet. Die Dauer der Belastung war $1\frac{1}{2}$ Tage. Unter dieser Last senkte sich der Bogen um $8^{mm}$, und nachdem die Last wieder entfernt war, hob er sich wiederum $6^{mm}$; es blieb also die Senkung $2^{mm}$.

Man darf diesem Ergebniss zufolge den Schluss machen, dass ein derartiger Bogen unter einer Belastung von $3200^k$ pro Quadratmeter, welche aus einer $2^m$ hohen Ueberschüttung entsteht (nach der gewöhnlichen Annahme des Gewichtes von Erdreich zu $1600^k$ pro Cubikmeter), entweder keinerlei die Elasticitätsgrenze übersteigende oder überhaupt keinerlei Senkung eingeht.

Um aus diesen Versuchen Nutzen zu ziehen, ist zuvörderst zu erörtern, dass wenn man den nutzbaren Bruchtheil der Druckfestigkeit von gutem Ziegelsteinmauerwerk in Portlandcement-Mörtel *), welche nach den seitens der Baupolizei z. B. in Berlin giltigen Annahmen mit $14^k$ auf den Quadratcentimeter als zulässig angesehen wird, nur zu $12^k$ in Rechnung stellt, die in No. 15 zur Anwendung gekommene Schlussstärke von $c = 0{,}03^m$ das Mittel an die Hand giebt, um für die Belastungshöhe $e = 2{,}0^m$ nach der Formel

$$y = \sqrt{H_1} \,.\, \ln \frac{e + c + x + \sqrt{2(e+c)x + x^2}}{e + c}$$

einen über die Pfeilhöhe $x = 0{,}11^m$ beliebig hinausgehenden Bogen zu bestimmen.

Wenn in dieser Formel neben den vorstehend angegebenen Bezeichnungen $e$ die Belastungshöhe über dem Bogenschluss für gleichmässig wagerecht abgeglichene ruhende Last bedeutet, und die Nutzfestigkeit des Mauerwerkes $q$ in dem Ausdruck

$$H_1 = \frac{c\,q^2}{q + e + c + x}$$

zu der durch **Hagen** in seiner von der Akademie der Wissenschaften veröffentlichten Abhandlung „über Form und Stärke gewölbter Bögen" nachgewiesenen und weit über Erwarten durch die danach ausgeführten Bauten als zutreffend bestätigten Berücksichtigung gelangt, so entsteht die Bogenlinie

$$\frac{x}{y} = \frac{0{,}1}{0{,}41};\ \frac{0{,}2}{0{,}57};\ \frac{0{,}3}{0{,}70};\ \frac{0{,}4}{0{,}81};\ \frac{0{,}5}{0{,}91};\ \frac{0{,}6}{0{,}98};\ \frac{0{,}7}{1{,}05};\ \frac{0{,}8}{1{,}12};\ \frac{0{,}9}{1{,}18};\ \frac{1{,}0}{1{,}24} \ldots$$

Aus dieser Bogenlinie entwickelt sich nach dem bekannten Satz, dass die sämmtlichen Verticalprojectionen aller im Krümmungshalbmesser belegenen Schnitte einander gleich, hier also $= 0{,}03$ sein müssen, der in Fig. 16 dargestellte discentrische Bogen, dessen Schenkel für das Verhältniss $\frac{x}{y} = \frac{1{,}0}{1{,}24}$ bis $0{,}07^m$ wachsen.

*) Von Rathenower oder denselben an Güte gleichstehenden Ziegeln in Mörtel von 1 Th. Portlandcement und 2 Th. Sand herzustellen. — Die Rathenower Ziegel haben nach **Böhme** „Festigkeit der Baumaterialien" No. 155 bei einem Druck von $139{,}8^k$ auf den Quadratcentimeter den ersten Riss erhalten und bei $188{,}2^k$ sind die Steine zerstört worden. Hieraus ist der Schluss gemacht, dass dieselben mit 10 pCt. des ersteren Betrages, also mit $14^k$ pro Quadratcentimeter benutzt werden dürfen. Nach meinen Beobachtungen darf aber, wie hier nebenbei gesagt sein möge, die Nutzfestigkeit 12 bis 13 pCt. derjenigen Grenze, bei welcher die Zerstörung eintritt (der Grenzfestigkeit also), betragen, würde also mindestens zu $22{,}56$ oder rund $23^k$ anzunehmen sein. — Die Ansicht, dass nicht der Eintritt der Risse, sondern die Zerstörung des Steines massgebend für die Nutzfestigkeit sei, hat inzwischen mehr und mehr Boden gewonnen. Dass ferner die Portlandcement-Mörtel in dem angegebenen Mischungsverhältniss mit Sand mit einer grösseren Nutzfestigkeit als $14^k$ pro Quadratcentimeter und ebenso eine überwiegend grosse Anzahl deutscher Klinker und Mauersteine mit einer grösseren Nutzfestigkeit als die Rathenower Ziegel beansprucht werden dürfen, ist eine vielfach inzwischen durch Festigkeitsprüfungen erwiesene Thatsache.

In demselben würde also mit $\frac{0{,}03 + 0{,}07}{2}$ oder $0{,}05^m$ mittlerer Schenkelstärke ein Bogen erhalten, welcher die bei Canälen gewöhnliche vorkommende Ueberschüttungshöhe von $2{,}0^m$ mit aller Sicherheit trüge, dafern das Bogenmauerwerk die Eigenschaft der keineswegs bedeutenden, sondern bei jedem mittelmässig guten Mauerwerk zweifellos vorhandenen Nutzfestigkeit von $12^k$ pro Quadratcentimeter (der von $60^m$ nach kürzerer, der Hagen'schen Formel entsprechender und für die Berechnung der Bogenabmessungen geschickteren Ausdrucksweise, welche aus der Annahme entsteht, dass $2000^k$ das Durchschnittsgewicht von $1^{cbm}$ Erde, Pflaster u. s. w. sei, somit $5^m$ gleichbedeutend mit $1^k$ pro Quadratcentimeter sei), hätte. Ferner ist mit Zuversicht vorauszusetzen, dass ein derartiger Bogen unter dieser Belastung keinerlei wahrnehmbare Formveränderung eingehen würde; dass er unter derselben keinerlei Elasticitätserscheinung bemerklich werden lassen würde.

Die volle Berechtigung dieser Schlussfolgerungen entspringt aus der Thatsache, dass dieser Bogen kleiner ist als der discentrische Bogen Fig. 15; denn in Fig. 16 würde $y = 0{,}44$ für $x = 0{,}11$ sein, während in Fig. 15 $y = 0{,}465$ für $x = 0{,}11$ ist.

Aus dem Vergleich von Fig. 16 und Fig. 17 ergiebt sich nun aber, dass Fig. 16 ein sehr viel weiterer Bogen ist als die Halbkreisbogenlinie in Fig. 17, und dass beide daher mit dem Scheitel zusammengelegt, mit Ausnahme des Scheitelpunktes keinen einzigen Punkt mit einander gemein haben könnten.

Es werde daher nach unter übrigens ganz gleichen Voraussetzungen wie für Fig. 16 jedoch für 0,02 Schlussstärke die Bogenlinie berechnet, deren Coordinaten sich in Fig. 17 verzeichnet finden (die Zahlenausdrücke der $y$ sind mit $p$ bezeichnet, während die der Kreislinie entsprechenden $y$ durch $kr$ kenntlich gemacht sind) mit

$$\frac{x}{y} = \frac{0{,}1}{0{,}33};\ \frac{0{,}2}{0{,}41};\ \frac{0{,}3}{0{,}57};\ \frac{0{,}4}{0{,}66};\ \frac{0{,}5}{0{,}14};\ \frac{0{,}6}{0{,}81};\ \frac{0{,}7}{0{,}81};\ \frac{0{,}8}{0{,}92};\ \frac{0{,}9}{0{,}97};\ \frac{1{,}0}{1{,}02};\ \frac{2{,}0}{1{,}24}.$$

Die Fig. 17 zeigt, dass der für diese Schlussstärke berechnete Bogen im oberen Theile, nämlich für $x = 0{,}1$ und 0,2 kleiner als der Halbkreis ist und diesen etwa für $x = 0{,}3$ (soweit der verjüngte Massstab eine annähernd genaue Ermittelung zulässt) schneidet. Der zu dieser Bogenlinie gehörige Bogen ist in Fig. 17 durch Punktirung dargestellt, und es ergiebt sich daraus, dass er für ein Canalprofil von $2^m$ lichter Höhe eine untere lichte Weite von $2{,}80^m$ und an dieser Stelle Bogenschenkel von kaum $0{,}12^m$ Stärke haben würde.

Praktische Rücksichten verschiedener Art mögen jedoch begründen, dass von einem derartigen Profil kein Gebrauch gemacht werden kann, und dass eine Eiform den Vorzug verdient, welche dadurch entsteht, dass der obere Theil des Profils durch einen Halbkreis, der untere Theil durch eine aus diesem Halbkreis construirte Ellipse gebildet wird.

Es entstände somit die Frage, welcher Querschnitt den Wandungen eines derartigen eiförmigen Canals gegeben werden müsste, um die Bedingungen zu erfüllen, dass er bei der von seinem Mauerwerk beanspruchten Nutzfestigkeit von $12^k$ pro Quadratcentimeter den Anforderungen bei $2{,}0^m$ Belastungshöhe, vollständig stabil zu sein, entspräche.

Erhält der obere halbkreisförmige Theil discentrische Schenkel, deren innerer Halbmesser (Fig. 17) $r = 0{,}70^m$, deren äusserer Halbmesser $R = 0{,}79$ ist, und wird aus diesem oberen halbkreisförmigen Theile der untere elliptische Theil in bekannter Weise construirt, so wird m. E. die gestellte Aufgabe gelöst sein.

Für den oberen Theil bis zu den Coordinaten $\frac{x}{y} = \frac{0{,}30}{0{,}37}$ wird den Stabilitätsforderungen, wie aus dem Obigen hervorgeht, und wie es die Figur ohne weiteres erkennen lässt, ohne Zweifel auf das Vollständigste genügt. Für die unten gelegenen Theile ist der Beweis durch Rechnung nicht zu führen, jedoch mag es unter Hinweis auf die Stabilität des kreisrunden Rohrs von nur $0{,}02^m$ gleichmässiger Wandstärke dabei bewenden, das eine hier anzuführen, dass ein nach dem in Fig. 17 dargestellten Durchschnitte durch Mauerwerk gebildeter Canal diejenigen Schwächen und Unzuverlässigkeiten bei $\frac{0{,}02+0{,}09}{2} = 0{,}055^m$ durchschnittlicher Wandstärke nicht haben würde, welche er bei $0{,}25^m$ gleichmässiger Wandstärke zweifellos hat. Bei dieser grossen Wandstärke ist nämlich das Bestreben des Canals, auch ohne jede Belastung Bruchfugen zu bilden und in Stücke zu zerfallen, ganz unzweifelhaft vorhanden und nachweisbar, indem sich z. B. bei einem Canal nach Fig. 1 sehr leicht im Scheitel eine Fuge öffnet.

Die etwa fünffach grössere Materialmenge des mit concentrischen Wandungen ausgeführten eiförmigen Canals nach Fig. 1 ist also nicht nützlich, sondern der Zweckdienlichkeit und Haltbarkeit des Bauwerkes schädlich. —

Man wird nun noch zu fragen geneigt sein, welches die Wandstärken der übrigen kleineren Canäle sein müssten, welche den in Fig. 2 bis 13 entsprechen würden.

Berechnet man für $c = 0{,}01$ unter den bereits bekannten Voraussetzungen die Bogenlaibung, so ergiebt sie sich zu:

$$\frac{x}{y} = \frac{0{,}1}{0{,}23};\ \frac{0{,}2}{0{,}33};\ \frac{0{,}3}{0{,}40};\ \frac{0{,}4}{0{,}47};\ \frac{0{,}5}{0{,}52};\ \frac{0{,}6}{0{,}51};\ \frac{0{,}7}{0{,}61};\ \frac{0{,}8}{0{,}65};\ \frac{0{,}9}{0{,}69};\ \frac{1{,}0}{0{,}72};$$

und die in demselben Sinne wie bei Fig. 1 und 17 geführte Untersuchung ergiebt, dass diese Bogenlinie der mit etwa 0,35 Halbmesser beschriebenen Bogenlinie des Profils No. 10 in ähnlicher Weise entspricht, wie dies bei Fig. 17 für die mit $0{,}70^m$ beschriebene Halbkreislinie erörtert ist.

Aus der Schlussstärke $c$ ergiebt sich die sonstige Wandstärke für die Eiform. Die Schlussstärken sämmtlicher Canäle 1 bis 13 würden sein, wenn die aus der Rechnung sich ergebenden Bruchtheile von Millimeter ausser Acht bleiben, für

| No. | Höhe der Eiform | Schlussstärke |
|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 0,02 |
| 2 | 1,9 | 0,018 |
| 3 | 1,8 | 0,017 |
| 4 | 1,7 | 0,016 |
| 5 | 1,6 | 0,015 |
| 6 | 1,5 | 0,014 |
| 7 | 1,4 | 0,013 |
| 8 | 1,3 | 0,012 |
| 9 | 1,2 | 0,011 |
| 10 | 1,1 | 0,010 |
| 11 | 1,0 | 0,009 |
| 12 | 0,9 | 0,009 |
| 13 | 0,8 | 0,008 |

Das Verhältniss der von der Wandung in No. 1 und No. 13 bedeckten Fläche würde sich verhalten etwa wie $\frac{0{,}02 + 0{,}09}{2} = 0{,}055$ zu $\frac{0{,}008 + 0{,}038}{2} = 0{,}023$, oder annähernd wie 5 : 2, was naturgemäss erscheint, während bei den Canälen mit gleich starker Wandung ein fast gerade entgegengesetztes Verhältniss stattfand.

In Obigem ist bereits nachgewiesen, dass die Masse des Wandmauerwerkes in Fig. 17 nur etwa $^1/_5$ derjenigen beträgt, welches die durchweg zu 25$^{cm}$ Stärke ausgeführte Wandung von Fig. 1 beansprucht.

Es war das zwischen Wand- und Canalflächen annähernd bestehende Verhältniss gefunden

Fig. 1 : Fig. 13 : Fig. 14 = 3 : 12 : 1.

Nach der für Fig. 1 und Fig. 13 erfolgten Umgestaltung würde sich ergeben:

$^3/_5 : ^6/_{25} : 1$ oder

15 : 6 : 25,

wodurch, was lediglich die Anschauung und verstandesgemässe Prüfung lehrt, bestätigt werden würde, nämlich, dass der kreisförmige Röhrenquerschnitt ein für diese Verwendungsart ungünstiger ist.

Um möglichem Missverständniss zu begegnen, will ich ausdrücklich hervorheben, dass ich nicht übersehen habe, wie gewissermassen durch Zufall der Vergleich mit dem kreisförmigen Rohr hier herbeigeführt ist, und dass der Vergleich ganz anders ausfallen würde, wenn dessen Rohrwandungen statt 0,02 etwa 0,01$^m$ stark wären. Immerhin bleibt die Thatsache als richtig bestehen, dass der kreisförmige Röhrenquerschnitt für die hier vorliegende Aufgabe ein ungünstiger ist.

Es würde dem Leser des Vorstehenden ein Bedenken entstehen können, ob die Ausführung von Canälen nach Art des in Fig. 17 gezeichneten Profils nicht mit Schwierigkeiten verknüpft sein möchte, welche gross genug sind, um alle etwaigen durch Verminderung der Massen zu erzielenden Vortheile wieder auszugleichen.

Demjenigen, der sich die Ausführung der discentrischen Schenkel in der Weise vorstellt, dass jeder einzelne Stein in die passende Form gehauen werden sollte, müssen die Schwierigkeiten allerdings unüberwindlich erscheinen. Sie sind es jedoch bei den heutigen Hilfsmitteln nicht, und ich glaube daher, dass für Städte, in welchen die Verstösse und Unbedachtsamkeiten der Vorzeit und deren Fortsetzung in der Gegenwart durch gesetzlich gestattete Verpestung der Luft und der Flüsse dadurch gemindert und ausgeglichen werden sollen, dass man den Flüssen die Auswurfstoffe nicht mehr zuführt, sondern sie mittelst einer Canalisation ableitet, aus dem Obigen die Ursache zu erheblicher Kostenverminderung erwachsen kann. Die Mauerwerksmengen vermindern sich bei den grössten Canälen auf etwa $^1/_5$, bei den kleinsten Canälen auf etwa $^1/_{50}$, durchschnittlich also auf $^{11}/_{100}$ oder etwa $^1/_{10}$ des bisher erforderlichen Betrages.

Gleichzeitig werden dauerhaftere und schneller auszuführende Werke erzielt, und es wird daher auf diesem besonderen Gebiet die auf anderen baulichen Gebieten aller Orten und unter den verschiedensten Verhältnissen bereits von den Besitzern der Bauwerke wie von urteilsfähigen Fachmännern erwiesene Erfahrung bestätigt, dass die in rationeller Weise verwerthete Druckfestigkeit des Mauerwerkes in hohem Masse auf die Geringfügigkeit der Baukostensumme einwirkt.

## Ueber Differential-Räderwerke.

Von **Fr. Bock** in München.

(Vorgetragen in der Sitzung des Bayerischen Bezirksvereines vom 21. Februar 1879.)

(Hierzu Blatt 20.)

Der „Maschinenbauer" bringt im Heft No. 25 vorigen Jahres die Beschreibung und Berechnung eines von einem amerikanischen Technologen, Professor Mac Cord, construirten und durch Fig. 1, Blatt 20*), dargestellten Differential-Räderwerkes, das ich durch die Güte des Hrn. Jordan, Spinnereidirectors in Augsburg, im Stande bin, Ihnen im Modell vorzuführen. Gestatten Sie mir, dass ich an der Hand der von Prof. Ludewig gegebenen Theorie der Differential-Räderwerke das kinematische Umsetzungsverhältniss dieses Mechanismus sowie einiger anderer in der Praxis vorkommenden Differential-Räderwerke ableite.

Alle Räder, sofern sie zur Bewegungsübertragung dienen, lassen sich in zwei Gruppen theilen: Zahn- oder Frictionsräder und Bandräder, welche letztere beim Seil-, Riemen- und Kettenbetrieb in Anwendung sind. Bei Voraussetzung paralleler Lage der Achsen und cylindrischer Radmäntel ist bei der ersten Gruppe Aussen- und Innenlauf, bei der zweiten offenes und gekreuztes Band möglich. Danach kann ein Räderwerk aus den durch Fig. 3 bis 6 dargestellten kinematischen Ketten bestehen, deren jede auf jedes ihrer Glieder, das Band ausgenommen, gestellt werden kann.

*) Ueber die Art der Ausführung obiger Skizzen siehe No. 26, 1878 der Vereinswochenschrift.

Das Festhalten eines der Räder hat zur Folge, dass bei Zahnrädern der Umfang des Laufrades auf dem Umfange des Grundrades abrollt, wobei das festgehaltene Rad mit „Grundrad“, das andere mit „Laufrad“ bezeichnet ist; bei Bandrädern wickelt sich die gleiche Länge des Bandes auf dem Grundrade auf, die sich vom Laufrade abwickelt. Das Festhalten eines der beiden Räder ergiebt nun bei Inneneingriff verschiedene Mechanismen, und es soll der Fall, in welchem das aussen verzahnte Rad als Grundrad gewählt ist, durch Fig. 7 dargestellt sein; die Bewegung des Laufrades mag in diesem Falle mit „Umlauf“ bezeichnet werden. In jedem dieser fünf Planetenrad-Mechanismen kann die Bewegung des Hebels oder des Laufrades eingeleitet werden, wobei dann die des Laufrades bezw. Hebels zwangläufig resultirt; das Feststehen des Grundrades ist jedoch nur ein specieller Fall von dem allgemeineren, in welchem das Grundrad durch Zufügen eines weiteren Cylinderpaares, wie in Fig. 3 bis 7 angedeutet, um seine Achse drehbar eingerichtet ist; nun ist offenbar zur Zwangläufigkeit des neuen Mechanismus Einleitung zweier Bewegungen erforderlich. Um den Zusammenhang zwischen der Umdrehungszahl $N$ des Grundrades, $n$ des Hebels und $n_r$ des Laufrades gegen den Hebel zu finden, sei bei vorerst feststehend gedachtem Grundrade der Hebel um den Winkel $\varphi$ aus seiner Anfangsstellung ausgelenkt; dabei sei Rechts- oder Linksdrehung durch die Vorzeichen $+$ bezw. $-$ angedeutet.

Der Punkt $a$ des Laufrades, der in der Anfangsstellung mit dem Punkt $A$ des Grundrades direct oder durch das Band in Berührung war, rückte bei obiger Bewegung des Hebels auf der angedeuteten Curve nach $a'$; sind die neuen Berührungspunkte von Grund- und Laufrad mit $B$ bezw. $b$ bezeichnet, so wurde der Bogen $\widehat{a'b}$ auf $\widehat{AB}$ oder der gleichen Länge des Bandes abgerollt, und der Winkel $\varphi'_r$, welchen der Radius $a D$ gegen den Hebel beschrieben hat, ergiebt sich, da $\widehat{AB} = \widehat{a'b}$, aus

$$\angle \varphi'_r = \angle bD'a' = \pm \frac{R}{r} \varphi = \alpha \varphi,$$

wo $\alpha = + \frac{R}{r}$ für Aussenlauf und gekreuztes Band, $\alpha = - \frac{R}{r}$ für Innenlauf, Umlauf und offenes Band gilt, wie aus Fig. 3 bis 7 deutlich hervorgeht. Da sich der Hebel um $\angle \varphi$ gedreht hat, ist die Drehung des Laufrades gegen eine fest gedachte Richtung, oder die absolute Drehung desselben gleich der Summe:

$$\varphi'_r + \varphi.$$

Dreht sich nachträglich bei festgehaltenem Hebel das Grundrad um den $\angle \varphi_R$, so gelangt $A$ nach $A'$, $a'$ nach $a''$, und der Drehungswinkel $\varphi'_r$ des Laufrades gegen den Hebel wird um den $\angle a'D'a'' = -\alpha \varphi_R$ vermindert, so dass die schliessliche Drehung des Laufrades gegen den Hebel gegeben ist durch

$$\varphi_r = \alpha (\varphi - \varphi_R),$$

wobei für das Vorzeichen von $\alpha$ die oben ausgesprochene Bedingung gilt. Die absolute Drehung des Laufrades beträgt dann

$$\varphi_a = \varphi_r + \varphi.$$

Werden nun die Winkel $\varphi$ und $\varphi_R$ gleichzeitig durchlaufen, so können die in obigen Formeln enthaltenen Winkel durch Umdrehungszahlen ersetzt werden, und man erhält

$$n_r = \alpha (n - N) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$n_a = \alpha (n - N) + n \quad . \; . \; . \; . \quad (2),$$

wobei $n$ Umdrehungszahl des Hebels, $N$ diejenige des Grundrades, $n_r$ die Umdrehungszahl des Laufrades gegen den Hebel oder dessen relative Umdrehungszahl und $n_a$ die absolute Umdrehungszahl des Laufrades bedeuten.

Durch Combination der durch Fig. 3 bis 7 dargestellten Mechanismen in der Weise, dass die beiden Laufräder mit einer gemeinsamen Axe aus einem Stück bestehen, die beiden Grundräder dagegen um eine gemeinsame Axe drehbar sind, entstehen die mit dem Namen Differential-Räderwerke bezeichneten Mechanismen. Fig. 8 zeigt die erste der hier möglichen 15 Combinationen, die Combination zweier Aussenlauf-Planetenräder-Mechanismen. Bezeichnen $N_1$ und $N_2$ die Umdrehungszahlen der beiden Grundräder, ferner $\alpha_1 = \frac{R_1}{r_1}$ und $\alpha_2 = \frac{R_2}{r_2}$ die entsprechenden Umsetzungsverhältnisse zwischen den Grund- und Laufrädern, so erhält man aus der Bedingung, dass $n_r$ für jedes der beiden Laufräder, weil dieselben fest mit einander verbunden sind, gleiche Grösse haben muss, also

$$n_r = \alpha_1 (n - N_1) = \alpha_2 (n - N_2),$$

die Beziehung zwischen $n$, $N_1$ und $N_2$

$$n = \frac{\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_2}{\alpha_1 - \alpha_2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3),$$

ferner die Beziehung zwischen $n_r$, $N_1$ und $N_2$

$$n_r = \frac{\alpha_1 \alpha_2 (N_1 - N_2)}{\alpha_1 - \alpha_2} \quad . \; . \; . \; . \quad (4),$$

und, da $n_a = n_r + n$,

$$n_a = \frac{\alpha_1 \alpha_2 (N_1 - N_2) + \alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_2}{\alpha_1 - \alpha_2} \quad . \; . \quad (5);$$

für die Vorzeichen von $\alpha_1$ und $\alpha_2$ gelten auch hier die früher ausgesprochenen Bestimmungen.

Das durch Fig. 9 und 10 dargestellte Differential-Räderwerk ist entsprechend einer Ausführung der Modellsammlung der Münchener technischen Hochschule; dasselbe ist so eingerichtet, dass jedes der vier Glieder in den Reuleaux'schen kinematischen Schraubstock eingespannt werden kann. Drei am Hebel befestigte Zeiger zeigen auf drei Theilungen der Räder die Drehungen derselben gegen den Hebel, während zwei um die beiden Axen pendelnde, also stets senkrecht bleibende Zeiger auf den genannten Theilungen die absoluten Drehungen der Räder angeben; schliesslich giebt ein Zeiger des einen Grundrades auf der Theilung des anderen die gegenseitige Drehung der beiden Grundräder an, und es ist vermöge der genannten Einrichtungen dieses Modell zum Studium der bisher betrachteten Bewegungen sehr geeignet.

Schneiden sich nun die beiden bisher als parallel vorausgesetzten Axen des Planetenrad-Mechanismus, so bleibt offenbar die Relation zwischen $n$, $n_r$ und $N$ ungeändert, nur ist hier das Vorzeichen von $\alpha$ noch zu bestimmen.

Denkt man sich das Paar aussen verzahnter cylindrischer Räder, Fig. 11, durch Drehung etwa des kleineren Rades mit seiner Axe um einen Punkt der Berührungslinie beider Radmäntel in ein Paar conischer Räder, Fig. 12, mit dem Axenwinkel $\gamma$ und den Kegelwinkeln $S$ und $s$ übergegangen und diesen Uebergang fortgesetzt über $\gamma = 90^0$ (Fig. 13) bis (Fig. 14) $\gamma = 180^0$ (Fig. 15), so entsteht schliesslich ein Paar cylindrischer Räder mit Innenlauf. Nennt man die vier Abschnitte, in welche die Ebene durch die zwei sich schneidenden Radaxen getheilt wird, Quadranten, so hat man ein Paar conischer Räder als aussen verzahnt zu betrachten, wenn die Berührung der Kegelmäntel in einem Quadranten stattfindet, dessen Winkel $\gamma < 90^0$ ist; im anderen Fall ist dasselbe als innen verzahnt anzusehen. Ausserdem besteht noch, wie aus Fig. 11 ersichtlich ist, die Bedingung:

$$\gamma = \frac{S}{2} + \frac{s}{2}.$$

Für den Fall, dass mehrere Paare conischer Räder auf zwei sich schneidenden Axen sitzen, ist es nun leicht, über Aussen- bezw. Innenlauf der Räderpaare und also das Vorzeichen, mit welchem deren Umsetzungsverhältniss in obige Formeln einzusetzen ist, zu entscheiden. Doch würde diese Bestimmung nicht ausreichen für $\gamma = 90^0$. Es sei nun in Fig. 1 der Hebel festgehalten gedacht und die schräg liegende Axe gedreht, so ist ersichtlich, dass ganz allgemein zwei Paare conischer Räder gleichläufig sind, d. h. beide Aussenlauf oder beide Innenlauf haben, wenn sie sich in einem und demselben oder in gegenüberliegenden Quadranten berühren, dagegen gegenläufig, wenn ihre Berührung in neben einander liegenden Quadranten stattfindet.

Die absolute Drehung des Laufrades kann bei einem Planetenrad-Mechanismus mit conischen Rädern nicht aufgefasst werden wie bei cylindrischen Rädern als Summe aus der relativen Drehung des Laufrades gegen den Hebel und der Drehung des Hebels, da diese beiden Drehungen um sich schneidende Axen vor sich gehen.

Ersetzt man nach Obigem in dem durch Fig. 1 dargestellten Mechanismus die conischen Räder durch cylindrische, so haben die Räderpaare II und III Aussenlauf, das Räderpaar I dagegen Innenlauf zu bekommen, wie durch Fig. 2 angedeutet ist. Hieraus ist ersichtlich, dass der Mac Cord'sche Mechanismus aus dem durch Fig. 8 dargestellten Differential-Räderwerk durch Hinzufügen eines dritten Planetenrad-Mechanismus entstanden gedacht werden kann, somit als Combination zweier Aussenlauf-Planetenrad-Mechanismen mit einem Innenlauf-Planetenrad-Mechanismus aufzufassen ist; durch Combination der durch Fig. 3 bis 7 dargestellten Planetenrad-Mechanismen zu je dreien ergeben sich allein für parallele Axen 36 verschiedene Mac Cord-Mechanismen.

Es sei durch Fig. 16 die Combination dreier Planetenrad-Mechanismen für Stirnräder mit Aussenlauf angedeutet, und bedeuten $n$ die Umdrehungszahl des Hebels; $N_1$, $N_2$, $N_3$ die Umdrehungszahlen der Grundräder; $n_r$ die Umdrehungszahl des Laufrades gegen den Hebel und $\alpha_1$, $\alpha_2$, $\alpha_3$ die Umsetzungsverhältnisse zwischen den Lauf- und Grundrädern, so ist nach Früherem:

$$n_r = \alpha_1 (n - N_1) = \alpha_2 (n - N_2) = \alpha_3 (n - N_3)$$

$$n = \frac{\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_2}{\alpha_1 - \alpha_2} = \frac{\alpha_1 N_1 - \alpha_3 N_3}{\alpha_1 - \alpha_3} = \frac{\alpha_2 N_2 - \alpha_3 N_3}{\alpha_2 - \alpha_3},$$

woraus sich als Relation zwischen $N_1$, $N_2$ und $N_3$ die Gleichung ergiebt:

$$N_1 \alpha_1 (\alpha_2 - \alpha_3) + N_2 \alpha_2 (\alpha_3 - \alpha_1) + N_3 \alpha_3 (\alpha_1 - \alpha_2) = 0 \quad (6),$$

welche zeigt, dass auch dieser Mechanismus durch Einleitung zweier Bewegungen zwangläufig wird.

Um das Umsetzungsverhältniss $\frac{N_1}{N_2}$ des durch Fig. 1 und 2 gegebenen Mechanismus zu bestimmen, hat man in Formel (6)

$$N_3 = 0, \quad \alpha_1 = -\frac{Z_1}{z_1}, \quad \alpha_2 = \frac{Z_2}{z_2}, \quad \alpha_3 = \frac{Z_3}{z_3},$$

unter $Z$ und $z$ die Zähnezahlen der Grund- bezw. Laufräder verstanden, einzusetzen. Damit giebt Gleichung (6)

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_1 Z_2 z_3 + Z_2 Z_3 z_1}{Z_1 Z_2 z_3 - Z_1 Z_3 z_2},$$

welcher Quotient sich für die von Mac Cord angegebenen Zähnezahlen

$$Z_1 = 12 \qquad z_1 = 40$$
$$Z_2 = 250 \qquad z_2 = 33$$
$$Z_3 = 303 \qquad z_3 = 40$$

herausstellt zu

$$\frac{N_1}{N_2} = 262\,500.$$

Ohne Schwierigkeit lässt sich jedoch, von der früher entwickelten Formel

$$n = \frac{\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_2}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

ausgehend, eine grössere und für die Verwendung zu Zählwerken wol praktischere Umsetzung erreichen. Mit $N_1 = 0$ wird diese Gleichung:

$$\frac{N_2}{n} = 1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_2},$$

und dieser Quotient wird um so kleiner, je mehr $\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$ gleich der Einheit ist.

Wählt man z. B. $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{999\,999}{1\,000\,000} = \frac{91 \,.\, 99 \,.\, 111}{50 \,.\, 100 \,.\, 200}$, so wird $\frac{n}{N_2} = 1\,000\,000$, d. h. bei 1 000 000 Umdrehungen des Hebels dreht sich das bewegliche Grundrad einmal in gleicher Richtung mit dem Hebel. Mit $\alpha_1 = -{}^{111}/_{50}$, was einem innen verzahnten feststehenden Grundrad mit 111 Zähnen und einem zugehörigen Laufrad mit 50 Zähnen entspricht, und $\alpha_2 = -\frac{100 \,.\, 200}{91 \,.\, 99}$ ergiebt sich das in Fig. 17 dargestellte Räderwerk; $\alpha_2$ ist deshalb negativ, weil zwischen dem betreffenden Grund- und Laufrad ein Vorgelege eingeschaltet ist, welches die Drehrichtung des Lauf- bezw. Grundrades derjenigen bei directem Eingriff gegenüber umkehrt; die der Figur beigeschriebenen Zahlen sind Zähnezahlen. —

Die Anwendung der im Vorstehenden entwickelten Formeln sei nun noch an einigen der Praxis entnommenen Beispielen gezeigt.

Der Planetenrad-Mechanismus mit Innenlauf findet sich beim **Eade'schen Flaschenzug** benutzt, welcher in Fig. 18 schematisch dargestellt ist. Das Laufrad ist dabei fest verbunden mit dem Gleitklotz einer Kreuzschleifenkurbel, während sich das Grundrad um die Kurbelaxe derselben dreht. Die absolute Umdrehungszahl des Laufrades $n_o$ ist durch diese Einrichtung zu Null gemacht; Bewegung wird durch den als Excentrik ausgeführten Hebel eingeleitet, und das zum Kettenrad ausgebildete Laufrad trägt die Lastkette. Die Zähnezahlen sind bei einem der Modellsammlung der Münchener technischen Hochschule entnommenen derartigen Flaschenzuge $Z = 10$ und $z = 9$, daher $\alpha = -{}^{10}/_{9}$. Da $n_o = 0 = \alpha(n - N) + n$, ist das Umsetzungsverhältniss ohne Rücksicht auf die Hebelarme von Kraft und Last:

$$\frac{n}{N} = 10.$$

Als Beispiel für die Anwendung des durch Fig. 5 dargestellten Planetenrad-Mechanismus mit offen laufendem Band diene die in Fig. 19 angedeutete kleine Vorrichtung, mittelst welcher einzelne mit **geplättetem Draht** umwickelte sogenannte Gespinnste zu **Goldschnüren** zusammengedreht werden. Die Gespinnste sollen nämlich beim Zusammendrehen, der Metalldrähte wegen, keine Verdrehung mehr erfahren, was dadurch erreicht ist, dass je über den Schnurlauf einer Spule und einen auf der festen Axe des Spulenträgers befestigten gleich grossen Schnurlauf eine offen laufende Schnur geschlungen ist; denn betrachtet man den festen Schnurlauf als Grundrad, den Schnurlauf der Spule als Laufrad und den Spulenträger als Hebel, so ergiebt sich durch Einsetzen von $N = 0$ und $\alpha = -1$ in die Gleichung $n_o = \alpha(n - N) + n$:

$$n_o = 0;$$

die Bedingung, dass die Gespinnste nicht verdreht werden sollen, ist also erfüllt.

Die Combination eines Innen- und eines Aussenlauf-Planetenrades findet sich in einem Modell, das durch Fig. 20 dargestellt ist. Dasselbe stammt aus der Spinnmaschinenfabrik **Rieter** in Töss bei Winterthur und dient zum Zählen der Umdrehungen des Vordercylinders der Flyer; die gewonnene Zahl ist proportional der Länge des Gespinnstes und bildet die Grundlage der Lohnbestimmung.

Der Antrieb des **Zählwerkes** geschieht durch Eingriff einer am Vordercylinder des Streckwerkes befestigten einfachen, rechtsgängigen Schnecke in ein Schneckenrad mit 38 Zähnen, von welchem aus, wie die Figur zeigt, die beiden Grundräder des Differential-Räderwerkes in entgegengesetzter Richtung bewegt werden. Beide Grundräder haben ein gemeinsames Laufrad, und der Hebel ist als Zifferblatt ausgeführt, auf welchem an einer am Gestell befestigten Marke abgelesen wird. Sei $m$ die Umdrehungszahl der Schnecke, $n$ die des Zifferblattes und $N_1$ und $N_2$ Umdrehungszahlen der Grundräder, seien ferner die der Figur beigesetzten Zahlen Zähnezahlen, so findet sich aus der Gleichung

$$n = \frac{\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_2}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

mit $\alpha_1 = -{}^{56}/_{9}$ und $\alpha_2 = {}^{37}/_{9}$:

$$n = \frac{56 N_1 + 37 N_2}{93};$$

da ferner bei Rechtsgängigkeit der Schnecke und Drehrichtung derselben nach dem angegebenen Pfeil

$$N_1 = -\frac{m}{38} \cdot \frac{9}{59}, \qquad N_2 = \frac{m}{38} \cdot \frac{9}{39},$$

so ergiebt sich:

$$\frac{n}{m} = \frac{1}{903526}.$$

Schliesslich sei, wol als wichtigste Anwendung der Differentialräderwerke, deren Verwendung zum **Spulentrieb der Flyer** (Fig. 21 und 22) hervorgehoben, in welchem Falle die Eigenschaft derselben benutzt wird, zwei beliebig eingeleitete Drehungen zu einer dritten zu combiniren.

Das mit constanter Geschwindigkeit vom Streckwerk gelieferte Vorgespinnst muss von der Spindel pro Längeneinheit eine gewisse Anzahl Drehungen erhalten, weshalb der Spindel constante Winkelgeschwindigkeit zu geben ist. Da die vom Streckwerk pro Zeiteinheit gelieferte constante Länge Gespinnst auf die Spule, deren augenblicklicher Radius $r$ sei (Fig. 21) und auf welche das Gespinnst durch den Pressfinger $p$ geführt wird, aufzuwickeln ist, muss

$$r(w_i - w_a) = C$$

sein, wo $C$ jene constante Länge, $w_i$ die Winkelgeschwindigkeit der Spindel, $w_a$ die der Spule bedeutet. Setzt man $w_i = k N_1$, $w_a = l N_2$, und sind mit $N_1$ und $N_2$ Umdrehungszahlen von Rädern bezeichnet, welche durch die Umsetzungsverhältnisse $k$ und $l$ die Spindeln bezw. die Spulen treiben, so kann obige Gleichung geschrieben werden:

$$r(k N_1 - l N_2) = C.$$

$r$ wächst, da das Gespinnst nach cylindrischen Lagen auf die Spule gewickelt wird, nach jeder solchen Lage um die Dicke des Gespinnstes; $N_1$, $k$, $l$, $C$ sind constante Grössen. Es kann daher aus dieser Gleichung für jede Gespinnstlage $N_2$ als Function von $N_1$ bestimmt werden; $N_1$ ist nun mit einer dritten, mit $r$ veränderlichen Umdrehungszahl $n$ so zu combiniren, dass das gewünschte $N_2$ resultirt. Offenbar wird aber jene Umdrehungszahl $n$ gefunden, wenn in die allgemeine Gleichung

$$n = \frac{\alpha_1 N_1 - \alpha_2 N_2}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

der aus obiger Gleichung berechnete Werth für $N_2$ eingesetzt wird. Letztere Gleichung ist nun die Relation zwischen der Umdrehungszahl des Hebels und der beiden Grundräder des Differentialräderwerkes, und es ist somit gezeigt, dass immer ein $n$ gefunden werden kann, welches, wenn $N_1$ proportional der Spindeldrehung ist, das für jeden Spulendurchmesser erforderliche, der jeweiligen Spulendrehung proportionale $N_2$ liefert.

$n$ wird in der Regel dadurch variabel gemacht, dass der Hebel, als Zahnrad ausgeführt, seine Bewegung von einem Riemenkegel erhält, dessen zugehöriger Kegel mit constanter Geschwindigkeit bewegt wird, und dessen Riemen ein vom Spulenträger bewegtes Schaltwerk der Veränderlichkeit von $n$ entsprechend führt (Fig. 22).

# Vermischtes.

## Seilverbindungen für Förderkörbe.

Von F. Baumann.

(Vorgetragen in der Versammlung des Pfalz-Saarbrücker Bezirksvereines vom 20. April 1879.)

(Hierzu Tafel XVII.)

Zur Befestigung der Seile an Förderkörben bedient man sich in der Regel besonderer Verbindungsglieder, welche zwischen Korb und Seil eingeschaltet werden. Diese Zwischenglieder haben einerseits den Zweck, das Seil zuverlässig, dauerhaft und möglichst schonend festzuhalten — hierher gehören Seilringe, -schlösser, -gehänge, -büchsen, Wirbel u. s. w. — andererseits sollen sie die schädlichen Einwirkungen auf das Seilende beim Anheben und Aufsetzen der Schale mildern — dem Ruck beim Anheben wirken elastische Glieder als Blatt- oder Schraubenfedern oder Gummibuffer entgegen; das Stauchen des Seilendes beim Aufsetzen des Fördergerippes vermeidet man durch Einrichtungen, welche ein vom Korbe unabhängiges Niedergehen des Seilendes gestatten, durch Zwiesel- oder Schürzketten, einzelne Kettenglieder oder gelenkartig bewegliche Scheeren.

Die Befestigung des Seils soll vor allen Dingen betriebssicher sein; sie soll nicht nur bei regelmässiger Förderung halten, sondern darf auch bei etwaigen Störungen im Schacht, z. B. Festklemmen des Förderkorbes in den Leitungen, nicht loslassen; sie muss also ebenso viel wie das Seil in irgend einem gesunden Querschnitte aushalten können und darf daher das Seilstück an der Befestigungsstelle nicht beschädigen und schwächen. Ferner ist es in manchen Fällen wichtig, die Seilverbindung schnell und von wenig kundiger Hand lösen und erneuern zu können.

Die am häufigsten vorkommenden Seilanschlüsse bestehen in einer Schlinge, Seilschleife-, -schlupf oder -schurz genannt, bei welchen das Seilende im Ganzen, manchmal auch in Litzen oder Drähte aufgelöst, durch das Verbindungsstück hindurchgezogen, in die Höhe gebogen und durch Umwickelung mit Draht, Fig. 1, oder durch Seilringe, Fig. 3 und 4, oder durch Klemmbacken, sogenannte Seilschlösser, Fig. 5 und 6, mit dem Seil in feste Berührung gebracht wird. Zum Schutze des Seils, und um eine sanfte Umbiegung des Seilendes zu erreichen, wird ein sogenannter Handschuh, Fig. 1 bis 3, oder auch eine kleine Rolle, Fig. 5, eingeschaltet, welche eine Rinne zur Aufnahme des Seils haben.

Die Drahtumwickelung des Seilschlupfes findet auf den Saarbrücker Gruben keine Anwendung; die mannigfaltigen Bestrebungen, das Seilende in aufgelöster Form in mehrfachen Verschlingungen durch das Zwischenstück zu ziehen, lassen auf die Unsicherheit dieser Verbindung schliessen, welche ausserdem den Nachtheil hat, zeitraubend und nur von geübten Arbeitern herstellbar zu sein. Die Verbindung mit Seilringen kommt hier nur bei Bremsbergen zur Anwendung und ist für Schachtförderung wegen ungenügender Sicherheit ausgeschlossen. Dagegen wird die Befestigung der Seilschleife vorwiegend durch Schlösser bewirkt, welche Seil und Seilende gegen einander pressen und durch Querschnittsveränderung die erforderliche Sicherheit gegen Abrutschen hervorrufen. Es ist klar, dass bei zu heftigem Anziehen der Klemmbacken das Seil Noth leidet und bei Ueberbeanspruchung eher im Schloss als darüber in einem unverletzten Querschnitt brechen wird, wie dies sogar bei Gussstahlseilen beobachtet wurde.

Eine Erneuerung des Seilschlupfes nimmt immer einige Zeit in Anspruch und setzt bei dem Arbeiter ein richtiges Gefühl für das Mass des Anzuges voraus. Hierzu kommt noch die erhebliche Abnutzung des Seils durch das Spiel im Handschuh, welche leicht den Bruch herbeiführt und eine häufige Erneuerung der Schlinge nöthig macht. Diese Abnutzung kann schon in zwei Monaten eine gefährliche werden.

Das von Felten & Guilleaume eingeführte Seilgehänge, Fig. 7 und 8, sucht letzteren Uebelstand durch Einklemmen der Seilschlinge zwischen zwei als Handschuh dienende Platten zu vermeiden.

Die Mängel der besprochenen Gruppe der Seilschlüsse führten auf die Befestigung des Seilendes durch Büchsen.

Das stumpfe Seilende wird durch Umbiegen der Drahtenden und Auseinandertreiben mittelst eines Dorns nach unten verdickt und scharf an die Wandungen einer conischen Büchse gepresst, Fig. 10, oder mit einer leichtflüssigen Metalllegirung in der Büchse festgegossen, Fig. 11. Diese Seilverbindung beschädigt das Seil nicht, kostet etwa ebenso viel Zeit zur Ausführung wie die Seilschleife und beansprucht eine gewisse Sorgfalt des damit betrauten Arbeiters.

Eine weniger zuverlässige Einrichtung ist die aufgeschlitzte Büchse, Fig. 9, in welcher das Seilende durch von aussen aufgetriebene Ringe festgeklemmt wird.

Wenn schon manche dieser Seilverbindungen für die gewöhnlichen Fördereinrichtungen genügten, so erscheinen sie sämmtlich unzulänglich, sobald mit Ausgleichseil, einem Hinterseil zur Ausgleichung des Seilgewichtes, von mehreren Sohlen oder auf verschiedene Abhubbühnen mit derselben Maschine gefördert werden soll.

Bei der gewöhnlichen Förderung ohne Hinterseil wird die Seillänge für die verschiedenen Förderhöhen durch Auslösen und Verstecken einer Seiltrommel regulirt. Bei Anwendung von Ausgleichseilen ist dies selten möglich, weil der tiefste Punkt, der Seilbogen des Hinterseils, beim Verkürzen des Vorderseils steigen, beim Verlängern desselben sinken und hieran durch die meist vorhandenen Mitteleinstriche der Schachtzimmerung gehindert sein würde. Es bleibt dann nur übrig, Vorder- und Hinterseil mit einander zu vereinigen, d. i. ein Seil ohne Ende herzustellen, an welchem das Fördergestell verschoben und an beliebiger Stelle angeschlossen werden kann. Bei der Köpe'schen Fördermethode mit Treibscheibe statt der versteckbaren Seiltrommel ist diese Verschiebung der Schale am Seil für verschiedene Förderhöhen überhaupt nicht zu umgehen.

An eine hierzu nöthige Seilverbindung sind noch höhere Anforderungen als sonst zu stellen. Vor allen Dingen darf durch betriebssichere Anbringung der Schale das Seil an der Befestigungsstelle durchaus nicht beschädigt werden, weil eine schadhafte Stelle im Seil nicht so leicht zu beseitigen ist wie am Seilende. Ferner soll die Verbindung zwischen Schale und Seil mindestens ebenso schnell gelöst und an anderer Stelle wieder hergestellt werden können, als das Verstecken der Seiltrommel Zeit in Anspruch nimmt.

Eine Vorrichtung zum Festhalten der Drahtseile, welche die erwähnten Anforderungen erfüllt, wurde auf Grube Friedrichsthal hergestellt und probirt und dem Vortragenden unter dem Namen „Seilklemme" patentirt.

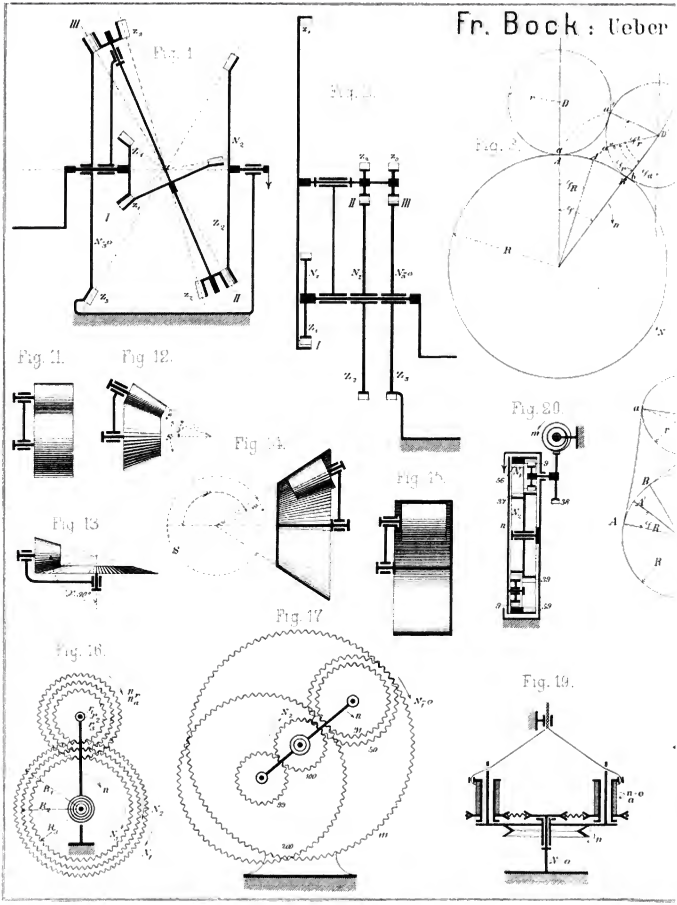
Dieselbe besteht aus einer mehrtheiligen Hülse, Fig. 12 bis 15, welche innen den spiralförmigen Windungen der Seillitzen genau angepasst und aussen conisch oder keilförmig bearbeitet ist, ferner aus einer ein- oder mehrtheiligen Büchse, welche mit der gleichen Conicität oder mit passenden Keilbahnen versehen die Hülse umschliesst. Durch das Eigengewicht der anhängenden Last wird die Hülse fest in die Büchse gezogen und das Seil um so fester gehalten, je schwerer es belastet ist. Ein Gleiten des Seils ist nicht möglich, wenn nur die in der Hülse enthaltenen Gewindegänge stark genug gegen Abscheeren sind und die Conicität der Büchse so gewählt ist, dass ein Durchschrauben des Seils durch die Gewindegänge verhindert wird.

Ein erster Versuch wurde mit einem stark geschmierten siebenlitzigen Seile von 28mm Durchm. mit 42 Drähten von je $2^1/_2$mm Dicke vorgenommen. Der anhängende Seilkorb wurde bis 8000k*) belastet und mittelst eines Kabels mehrmals gelüftet. Die eingeklemmte Stelle des Seils zeigte keine Veränderung und konnte nach dem Abreiben des Seils mit Putzwolle nicht wieder aufgefunden werden.

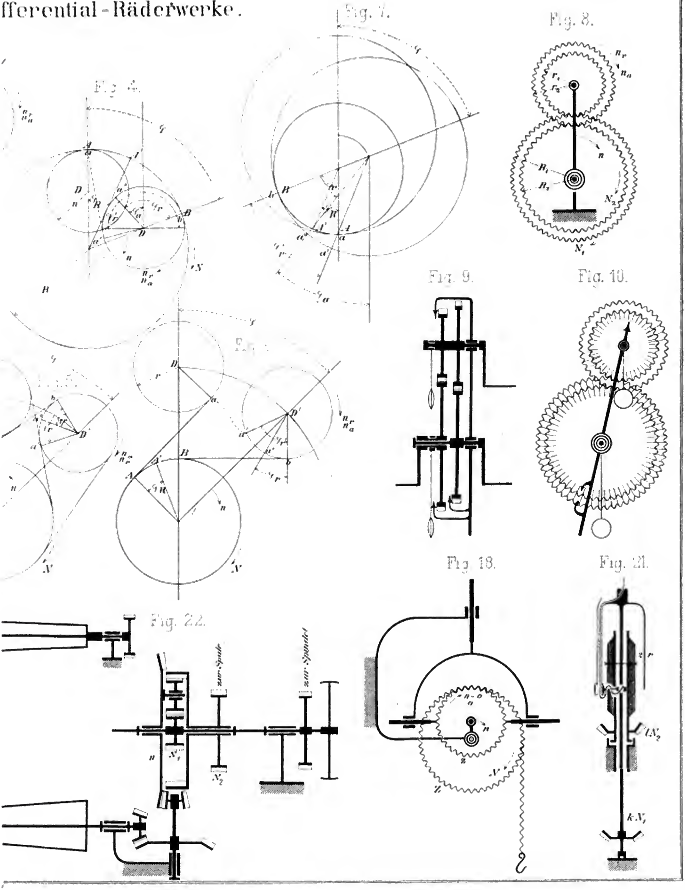
Zu einem zweiten Versuche wurde ein fünflitziges Eisenseil von 19mm Durchm. mit 30 Drähten von je $2^1/_2$mm Dicke benutzt. Der anhängende Korb wurde nach einander mit Gewichten, welche einer Belastung desselben durch 2, 4, 6 und 8 beladene Wagen à 800k entsprachen, belastet. Bei

*) Für eine weitergehende Belastung fehlte die nöthige Einrichtung.

# Fr. Bock: Ueber



# …fferential-Räderwerke.



7500$^k$ Gesammtbelastung streckten sich die Drähte und riss das Seil etwa 3$^m$ über der Klemmvorrichtung ab. An dem eingeklemmten Seilstücke war auch diesmal, ebenso wie an der Seilklemme selber, nicht die geringste Druckeinwirkung erkennbar.

Hierauf wurde am Schacht I der Grube Friedrichsthal eine Seilklemme, welche nach oben mit Seilbuffern versehen und unten durch einen zweitheiligen Scharnierring, Fig. 12 und 13, am Selbstauslösen beim Aufsetzen der Schale verhindert war, in Betrieb genommen und hat sich während eines halben Jahres bei dauernder Benutzung und wöchentlich mehrmaligem Umschalten für drei verschiedene Abhubbühnen sowol hinsichtlich ihrer Sicherheit wie auch der Möglichkeit schnellen Umschaltens bewährt.

Da jedoch diese Einrichtung der Klemmbüchse immerhin einige Uebung und Aufmerksamkeit der mit ihrer Einschaltung betrauten Arbeiter verlangt, so wurde eine jetzt in Ausführung begriffene Aenderung vorgesehen, welche das richtige Anbringen der Seilklemme von dem Geschick und dem guten Willen des Arbeiters unabhängig macht.

Hülse und Büchse sind zu einem in sich beweglichen scharnierartigen Stück, Fig. 14 und 15, verbunden, welches nicht eher geschlossen werden kann, als bis das Seil sich genau in die Windungen der Hülse eingefügt hat. Die durch diese Aenderung herbeigeführte Zeitersparniss wurde bei einem Vorversuche ermittelt und ist allen anderen Seilbefestigungen gegenüber eine ganz ausserordentliche. Aber nicht nur für durchgehendes Seil, sondern auch zur Befestigung des Seilendes wird die Seilklemme wichtige Vortheile bieten, besonders wenn es darauf ankommt, das Seilende zu schonen.

Eine entsprechende Verwendung für ein Stahlseil, dessen Seele als elektrisches Signalkabel, Fig. 20, eingerichtet ist, ist in Vorbereitung begriffen. Bei der Seilverbindung durch Schlupf wurde die Seele in wenigen Wochen derartig zerdrückt, dass die Signale, welche vom Förderkorbe direct in den Maschinenraum gegeben wurden und anfänglich zuverlässig waren, allmälig ausblieben.

Durch Anwendung der Patent-Seilklemme erscheint auch diese werthvolle directe Verständigung zwischen dem Zimmerhäuer im Schacht und dem Maschinenwärter am Steuerhebel gesichert.

Fig. 16 zeigt eine Seilklemme mit Seilbuffer für Schurzketten, Fig. 17 eine Seilbüchse mit Gelenkkette, Fig. 18 eine Seilschlinge mit Ketten, Fig. 19 eine Seilschlinge mit Wirbelschraube, Scheere und Stellschraube mit Sicherheitsketten.

## Ueber eine neue Sicherheitsvorrichtung für Fahrstühle.

Von Dr. M. Busse.

(Hierzu Fig. 11 bis 14, Tafel XIX.)

Eine Einrichtung, welche sich in neuerer Zeit in allen grösseren Fabriken und industriellen Etablissements ebenso wie in sämmtlichen comfortabler eingerichteten Hotels der grösseren Städte einzubürgern angefangen hat, ist diejenige der Fahrstühle. Es ist dies bedingt durch die ganz bedeutenden Ausdehnungen, welche den Gebäulichkeiten dieser Art, namentlich nach der Höhe hin gegeben werden mussten. Der enorm gesteigerte Preis für den Grund und Boden, besonders in den Städten, gestattete es nicht mehr, sich ohne Aufwendung unverhältnissmässig hoher Anlagekosten genügend in die Breite auszudehnen, und blieb dem Bauenden daher schlechterdings nichts weiter übrig, als seine Zuflucht zur Höhe zu nehmen. Dies ist denn auch in ausgedehntester Weise und hauptsächlich bei Errichtung von Hotels geschehen, und es hat das Streben, den zu Gebote stehenden Flächenraum so weit als nur irgend möglich auszunutzen, dahin geführt, dass Bauten, welche ausser dem Erdgeschoss noch vier Stockwerke über einander, ohne den Bodenraum, aufweisen, heutzutage durchaus nicht mehr zu den Seltenheiten gehören.

Kann man es nun auch einem Hotelbesitzer nicht verdenken, dass er auf diese Weise seine Zimmerzahl zu vermehren sucht, um eine bessere Verzinsung des Anlagecapitals zu erreichen, so kann derselbe andererseits seinen Gästen nicht zumuthen, dass sie sich, wenn sie ermüdet von langer Reise oder abgemattet von Geschäftsgängen das Hotel aufsuchen, erst noch drei oder gar vier Treppen sich zu ihrem Zimmer hinaufarbeiten sollen, um der ersehnten Ruhe pflegen zu können. Die überwiegend grosse Mehrheit des reisenden Publicums gehört eben nicht der leichtfüssigen Jugend an, der es auf einige Dutzend Treppenstufen mehr oder weniger nicht ankommt, sondern dem vorgerückteren Alter, und es würde aller sonstiger Comfort der Einrichtung und die exacteste Bedienung doch nicht für die Unbequemlichkeit entschädigen können, welche für die grosse Mehrzahl der Menschen das übermässige Treppensteigen bereitet. Wünscht daher der Hotelbesitzer auch seine oberen Stockwerke von Personen aus dem besseren Publicum benutzt zu sehen, so muss er Vorkehrungen treffen, welche es ermöglichen, auf etwas weniger anstrengende Weise in dieselben zu gelangen. Diese Vorkehrungen bestehen eben in der Anbringung von Fahrstühlen.

Bekanntlich sind dieselben schon längst auf den Bergwerken, wo es sich ja häufig um Ueberwindung sehr bedeutender Tiefen handelt, sowol zur Zutagebringung der Bergwerksproducte als auch zur Beförderung der Arbeiter in die Grube und aus derselben heraus im Gebrauch.

Es handelt sich daher im Wesentlichen nur darum, die auf den Bergwerken gebräuchlichen Einrichtungen mit einigen, durch die Art und Weise der Benutzung bedingten Veränderungen zu übernehmen.

Diese Veränderungen haben sich natürlich hauptsächlich auf die äussere Ausstattung zu erstrecken und dürfen nicht, wie dies eigenthümlicher Weise vielfach der Fall gewesen ist, so weit gehen, dass wesentliche Theile derselben einfach fortgelassen werden. Es bezieht sich dies besonders auf diejenigen Vorrichtungen, welche erst die gefahrlose Benutzung des Fahrstuhles sichern, die sogenannten Fangevorrichtungen. Diese sollen verhindern, dass der Fahrstuhl im Falle eines Seilbruches, welcher nicht nur durch zu starke Belastung, sondern auch durch Fehler des Seiles, die sich dem Auge entziehen, herbeigeführt werden kann, herabstürzt. Auch Unachtsamkeit des Personals kann denselben veranlassen. Wird der Fahrstuhl z. B. übertrieben, d. h. bis zur Seilscheibe infolge ungeschickter Handhabung der Aufzugsmaschine oder der Winde emporgetrieben, so ist in den meisten Fällen ein Abreissen des Fahrstuhls unvermeidlich; ist derselbe alsdann nicht mit einer sicher wirkenden Fangvorrichtung versehen, welche ihn in der Höhe festhält, so sind seine unglücklichen Insassen unrettbar verloren, und wer wirklich mit dem Leben davonkommt, trägt jedenfalls so schwere Verletzungen davon, dass eine vollständige Heilung wol niemals möglich sein wird.

Es mag hier nur an jenen einen Fall erinnert werden, dessen tragischer Ausgang wol noch in Aller Gedächtniss ist. In einem der grösseren Hotels in Paris wurde der von mehreren Personen besetzte Fahrstuhl infolge Unaufmerksamkeit des Maschinisten mit solcher Vehemenz gegen die Seilscheibe getrieben, dass das Tragseil brach, der Fahrstuhl in das Erdgeschoss herabstürzte, zerschellte und unter seinen Trümmern die zerschmetterten Körper seiner Insassen begrub.

Dieses Unglück hätte nicht geschehen können, wenn für die nöthige Sicherheitsvorrichtung gesorgt gewesen wäre.

Was von den Fahrstühlen in den Hotels gilt, gilt mutatis mutandis auch von den in den gewerblichen Etablissements in Anwendung stehenden oder noch in Anwendung zu bringenden. Sind es hier auch nicht Menschen, deren Leben durch unzureichende Sicherung des Fahrstuhlbetriebes unmittelbar in Gefahr gebracht werden kann, so ist doch nicht zu übersehen, dass der Schaden, welcher dem Etablissement aus dem Abreissen eines häufig mit sehr werthvollen Fabrikaten beladenen Fahrstuhls erwachsen muss, immer ein doppelter ist, einmal durch den Verlust des infolge solchen Sturzes meist völlig zertrümmerten Fahrstuhls selbst und zweitens durch die Zerstörung der auf demselben befindlich gewesenen Fabrikate, ganz abgesehen davon, dass die bei solcher Gelegenheit umhergeschleuderten Bruchstücke in den mit Arbeitern angefüllten Fabrikräumen noch allerlei Unglück herbeiführen können. Den Fabrikherrn treffen solche Unfälle aber um so schwerer, als es unzweifelhaft ist, dass auf diese Weise verletzte Personen auf Grund des Haftpflichtgesetzes mit Erfolg Entschädigungsansprüche gegen ihn würden geltend machen

können, weil er es unterlassen hat, die zur Sicherung des Betriebes nothwendigen Vorkehrungen zu treffen.

Allen Vorkommnissen dieser Art kann ohne Aufwendung erheblicher Mehrkosten vorgebeugt werden, wenn bei der Einrichtung von Fahrstuhlanlagen gleich auf die Anbringung zweckmässiger Fangevorrichtungen gerücksichtigt wird; im Uebrigen aber werden sich die Anschaffungskosten auch bei nachträglicher Anbringung derselben nicht sehr hoch belaufen, und kann dies um so weniger ins Gewicht fallen, wenn man die Vortheile bedenkt, die in der Verhütung auch nur eines einzigen Unglückfalles liegen.

Nun ist allerdings nicht zu verkennen, dass sich unter allen bisher bekannten Fangevorrichtungen keine einzige befindet, welche absolutes Vertrauen verdiente. Besucht man die verschiedenen Schächte der Bergwerke, so wird man zwar auf allen denjenigen, auf welchen die Fahrstühle durch das Beamtenpersonal und die Arbeiter der Grube mit Genehmigung der Bergbehörde zum Ein- und Ausfahren benutzt werden, Fangevorrichtungen in Anwendung finden, weil ohne solche das Fahren auf den Fahrstühlen überhaupt bergpolizeilich verboten ist, gleichzeitig aber wird man auch die Beobachtung machen, dass dieselben in den seltensten Fällen hinsichtlich ihrer Construction übereinstimmen; fast jede Grube hat eine andere Fangevorrichtung. Die Wichtigkeit, welche diesen Einrichtungen zukommt, lässt es indess nicht wunderbar erscheinen, dass sich die Techniker denselben in ganz hervorragender Weise zugewendet haben, und immer wieder neue Constructionen bekannt werden, so lange noch keine gefunden ist, welche ihren Zweck vollständig erfüllt.

Die Ansprüche, welche man vernünftiger Weise an eine gute Fangevorrichtung stellen muss, fasst Serlo in seinem „Leitfaden zur Bergbaukunde" in folgende Punkte zusammen:

1) Die Vorrichtung muss für eine Fördergeschwindigkeit von 7,8 bis 9,4m in der Secunde bei einer Belastung des Seils von etwa 60 Ctnr. ausreichend stark construirt sein;

2) sie muss sich der vorhandenen Schachtzimmerung anpassen und, wenn irgend möglich, die vorhandenen Leitbäume, welche in der Regel in Holz ausgeführt sind, zum Anklammern beim Seilbruch benutzen; die Excentriks, Keile, geschärften Hebel oder die sonst zum Greifen bestimmten Theile müssen auf den Seitenflächen, nicht auf den inneren Flächen der Leitbäume fassen;

3) der Bewegungsmechanismus der Vorrichtung muss möglichst einfach hergestellt werden und es gestatten, dass die an den zwei Seiten eines und desselben Leitbaumes eingreifenden Fangeapparate so weit sich vorschieben, dass sie, wenn kein Leitbaum vorhanden wäre, sich gegen einander stemmen würden;

4) das Auffangen des Fördergefässes muss ohne Stoss geschehen;

5) die Vorrichtung muss durchaus selbstthätig wirken und darf nur durch Einölen in Function gehalten werden müssen, einer anderen Wartung aber nicht bedürfen;

6) sie darf beim gewöhnlichen Gange keiner Abnutzung unterworfen sein, und deshalb sind die Federn so anzuordnen, dass sie nur im Falle des Seilbruches in Thätigkeit treten, sonst aber keinerlei Belastung zu tragen haben;

7) Gummi oder Kautschuk sind als elastisches Material, weil im Augenblicke der nothwendigen Wirkung unzuverlässig, zu verwerfen;

8) jedes Fördergestell ist mit einem spitzgiebeligen Dache zu versehen, um das beim Reissen niederfallende Seil zu tragen und von den im Korbe befindlichen Personen abzuhalten.

Obwol diese Gesichtspunkte sich speciell auf die beim Bergwerksbetriebe in Anwendung stehenden Fahrstühle beziehen, so genügt doch ein Blick auf dieselben, um deren Zutreffen auch für die uns hier hauptsächlich interessirenden Fahrstühle in Hotels und Fabriken zu erkennen, mit der einzigen Ausnahme der unter 1) ausgesprochenen Forderung der Wirkung bei der angegebenen Fahrgeschwindigkeit. Wir haben so hohe Anforderungen nicht zu stellen, da in unseren Fällen die Geschwindigkeit nur in den seltensten Fällen und ganz ausnahmsweise 2,0m in der Secunde überschreiten wird. Hierdurch verliert für uns auch der unter 4) angegebene Punkt wesentlich an Bedeutung, da selbst ein ziemlich plötzliches Hemmen bei so geringer Fahrgeschwindigkeit einen erheblichen Stoss nicht verursachen könnte.

Alle übrigen Forderungen müssen wir indess auch für die unseren Zwecken dienenden Fahrstühle aufrecht erhalten. Vornehmlich sind es diejenigen unter 3), 5) und 6), welche einer besonderen Beachtung bedürfen, denen aber von den bisher üblichen Constructionen nur in sehr unzureichender Weise genügt wird.

Es ist bei allen diesen der Bewegungsmechanismus stets der wunde Punkt gewesen; er hat den Technikern am meisten Kopfzerbrechen verursacht. Anfänglich bestand er in einfacher Weise in gespannten Federn oder in Gewichten, welche im Falle des Seilbruches die betreffenden Fangetheile in Thätigkeit setzen sollten. Erstere haben aber den Nachtheil, dass sie mit der Zeit erlahmen und dadurch unzuverlässig werden, letztere, dass sie in den meisten Fällen gar nicht zur Wirkung kommen können, weil kein Grund dafür vorliegt, dass sie nach erfolgtem Seilbruch schneller fallen sollten als der abgerissene Fahrstuhl. Man ist deshalb vielfach von der einfachen Feder und dem einfachen Gewichte abgegangen und hat dieselben durch sicherer wirkende Mechanismen zu ersetzen gesucht. Dieses Ziel ist nun zwar in vielen Fällen erreicht, aber leider immer nur auf Kosten der Einfachheit. Es ist das ein Nachtheil, welcher selbst den sinnreichsten Erfindungen auf diesem Gebiete anhaftet. Die Apparate sind so complicirt geworden, dass sie Beschädigungen gar zu leicht ausgesetzt sind. Aus diesem Grunde erfordert auch ihre Instandhaltung viel zu viel Aufmerksamkeit, ein Umstand, welcher ihrer praktischen Verwerthung fast ohne Ausnahme ein unüberwindliches Hinderniss gewesen ist.

Weniger Schwierigkeiten als der Bewegungsmechanismus bot die Construction der eigentlichen fangenden Theile. Dieselben ergaben sich aus der Natur der Sache fast von selbst. Im Wesentlichen sind es deren drei verschiedene Arten, welche sich in der Praxis als wirksam bewährt haben und zwar:

1) diejenigen, welche mittelst eingreifender, geschärfter Hebel wirken,

2) diejenigen, welche in zwei, von der Seite her in die Leitbäume eingreifenden, gezahnten Excentriks bestehen und

3) diejenigen, bei welchen der Fahrstuhl beim Seilbruch durch Keile an den Leitbäumen festgeklemmt wird.

Von diesen dreien dürften die Keile unzweifelhaft den Vorzug verdienen; sie sind es auch in der That, welche sich der grössten Beliebtheit und der grössten Verbreitung erfreuen.

Auch die nachstehend zu beschreibende Fangvorrichtung bedient sich der Keile als fangender Theile, wenn auch die Anwendung der Excentriks und der Hebel für solchen Fall, dass diese für zweckmässiger erachtet werden, nicht ausgeschlossen ist.

Diese Fangevorrichtung, welche im deutschen Reiche unter Nummer 10962 patentirt worden ist, zeichnet sich vor allen bis jetzt bekannten Constructionen durch grösstmögliche Einfachheit und absolute Zuverlässigkeit aus und trägt allen den oben angeführten Anforderungen mehr Rechnung als irgend eine andere Fangevorrichtung. Das Ziel, welches mit derselben auf diese Weise endlich erreicht ist, sichert derselben eine schnelle und allgemeine Verbreitung.

Versuche, welche im Januar v. J. mit derselben auf der fiscalischen Steinkohlengrube Heinitz bei Saarbrücken in einem etwa 8,0m hohen Kohlenaufzuge ausgeführt wurden, fielen zur vollkommensten Zufriedenheit aus. Der Fahrstuhl, an welchem die Fangevorrichtung angebracht war, wog 350 bis 400k ohne Belastung, mit Belastung etwa das Doppelte. Sowol bei unbelastetem wie bei belastetem Fahrstuhl, bei auf- wie bei abwärts gerichteter Bewegung desselben that die Fangevorrichtung jedesmal, sobald die Verbindung zwischen Tragseil und Fahrstuhl plötzlich gelöst wurde, mit überraschender Präcision ihre Schuldigkeit.

Das Neue und Eigenthümliche dieser Fangevorrichtung, welche in Fig. 11 bis 14, Taf. XIX dargestellt ist, liegt hauptsächlich in dem sehr einfachen Bewegungsmechanismus.

In unmittelbarer Verbindung mit der Seilscheibe *S*, über welche das Tragseil *t* läuft (Fig. 14), befindet sich die Trommel *R*, auf welcher sich, der Bewegung der Seilscheibe entsprechend, das ganz schwache Nebenseil *s* auf- bezw. abwickelt. Da der Radius dieser Trommel so gewählt ist, dass

derselbe um die halbe Stärke des dünnen Nebenseils vermehrt, gleich ist dem Radius der Seilscheibe, vermehrt um die halbe Stärke des Tragseils, so werden Tragseil und Nebenseil sich in ganz übereinstimmender Weise verkürzen bezw. verlängern, je nachdem der Fahrstuhl auf- oder abwärts geht.

Das Nebenseil endigt in einen Ring, an welchen die Zugketten *z*, mit deren Hilfe das Niederziehen der Hebelarme *h* und das Anziehen des Keiles *k* bewirkt wird, angeschlagen sind. Da in Hotels meist wol die Fahrenden durch Jemand von dem Hauspersonal begleitet werden, so ist zum Ueberfluss noch die Handbremse mit dem Handgriff *g* angebracht, mittelst welcher nöthigenfalls der Fahrstuhl an jeder beliebigen Stelle des Aufzuges festgeklemmt werden kann.

Diese Anordnung der Theile empfiehlt sich besonders für Hotels und solche Einrichtungen, wo es sich um die Beförderung von Menschen handelt. Soll dagegen der Fahrstuhl lediglich zum Transport von Gegenständen dienen, so lässt sich durch Weglassen der Handbremse noch eine Vereinfachung erreichen. Mit dieser Handbremse aber wird gleichzeitig die ganze Hebelanordnung überflüssig, denn dieselbe hatte lediglich den Zweck, die leichte und bequeme Anbringung der Handbremse zu ermöglichen, und die Verbindung zwischen dem Ringe *B* und den Keilen *k* wird nunmehr durch die Zugketten *z* direct in der Weise vermittelt, dass von der am oberen Theile jedes Keiles senkrecht über dessen Schwerpunkt befindlichen Oese je eine Zugkette nach dem Ringe *B* geht. Natürlich werden in diesem Falle die Zugketten etwas länger gewählt werden müssen, damit die Keile in möglichst verticaler Richtung angezogen werden. Rollen, welche man auf Ständern etwa $0{,}5^{m}$ über dem obersten Stande der Keile senkrecht über diesen anbringt, und über welche man die Zugketten laufen lässt, würden dies in vollkommenster Weise bewirken; indessen haben die Versuche, bei welchen absichtlich die Zugketten von den Rollen heruntergenommen waren, ergeben, dass das Anziehen der Keile ohne vorzeitiges Klemmen auch ohne die Einschaltung von Rollen erfolgt.

Dies wäre etwa die Anordnung der einzelnen Theile dieser Fangevorrichtung in zwei Hauptmodificationen; dass im Uebrigen statt der Keile ebenso gut Excentriks oder geschärfte Hebel angewendet werden können, liegt auf der Hand; es bedarf alsdann nur einer entsprechenden, in jedem einzelnen Falle sich von selbst ergebenden Abänderung in der Verbindungs- und Anschlussweise der Zugketten. Wir wollen deshalb hier nicht weiter darauf eingehen, sondern uns nunmehr zu der eigentlichen Wirkungsweise der Fangevorrichtung und des Bewegungsmechanismus derselben wenden.

Man denke sich, der Fahrstuhl werde aufgezogen. Die Reibung zwischen Tragseil und Seilscheibe ist alsdann wegen der am Tragseil hängenden Last so gross, dass ein Gleiten des Seils auf der Seilscheibe nicht möglich ist, vielmehr wird die Seilscheibe und mit dieser der Seilkorb des Nebenseils vollständig mitgenommen. Es findet daher ein Aufwickeln des Nebenseils statt ganz entsprechend der zunehmenden Verkürzung des Tragseils. Reisst nun das Tragseil, so werden infolge des Beharrungsvermögens Seilscheibe und Seilkorb sich ruhig weiter drehen, wobei die eiserne Seilscheibe gleichsam als Schwungrad wirkt, und dem entsprechend sich das Nebenseil auch weiter aufwickeln. Da aber durch den Seilbruch die Aufwärtsbewegung des Fahrstuhls aufgehört hat, werden die Zugketten angespannt und durch diese nunmehr die Keile — entweder direct, oder durch die Hebel — angehoben. Durch das Anheben werden die Keile aber auch gleichzeitig, da sie an schiefen Ebenen emporgleiten, zusammengerückt, so dass sie die Leitbäume von beiden Seiten umklammern, und alsdann durch das Gewicht des Fahrstuhls fest angepresst. Dies alles ist das Werk eines Augenblickes, und der Fahrstuhl sitzt fest, ehe er überhaupt ins Fallen gekommen ist. Sollte die Bewegung der Seilscheibe und des Seilkorbes beim Seilbruch bereits so gross sein, dass das Nebenseil nicht dieselbe aufzuheben vermag, sondern ebenfalls reisst, so hat dies nicht mehr viel zu sagen, da der Zweck — das Festhalten des Fahrstuhls — dann bereits erfolgt ist. Um indessen das Nebenseil nicht zu sehr in Anspruch zu nehmen, wird man gut thun, dasselbe durch ein etwas schwächeres Zwischenstück mit dem Ringe *B* zu verhinden, damit dieses alsdann reisst, das Nebenseil aber unverletzt und zu weiterer Benutzung geeignet bleibt.

Erfolgt der Bruch des Tragseils bei der Abwärtsbewegung des Fahrstuhls, so gestalten sich die Vorgänge ganz ähnlich. Mit dem Momente des Bruches wird die Bewegung des Fahrstuhls eine beschleunigte, die Bewegung der Seilscheibe und des Seilkorbes aber eine verlangsamte, da für diese das die Bewegung erzeugende Moment, die Reibung des Tragseils auf der Seilscheibe, aufgehört hat. Das Nebenseil wickelt sich daher langsamer ab, als der Fahrstuhl fällt; es muss also wiederum ein Anspannen der Zugketten und demzufolge ein Anheben der Keile und ein Festsitzen des Fahrstuhls eintreten.

Ein Reissen des Nebenseils kann in diesem Falle natürlich nicht stattfinden, da nach dem Fassen der Keile keine weitere Spannung, sondern ein Abwickeln desselben stattfindet. Dagegen wird ein geringer Stoss beim Festsitzen des Fahrstuhls erfolgen; derselbe ist aber nur unbedeutend, weil auch bei der Abwärtsbewegung die Wirkung der Fangevorrichtung mit grosser Präcision erfolgt. Auf der Grube Heinitz fiel die Förderschale bei einer Geschwindigkeit von etwa $3^{m}$ in der Secunde nach erfolgter Auslösung des Tragseils im ungünstigsten Falle $0{,}75^{m}$, und es war der hierbei erfolgende Stoss so schwach, dass die auf der Schale befindlichen, auf einander gepackten Steine nicht einmal aus ihrer Lage verrückt wurden.

Soll der festgeklemmte Fahrstuhl, sei es, dass er absichtlich durch die Handbremse festgehalten worden war, oder sei es, dass dies infolge eines Seilbruches stattgefunden hatte, wieder gelöst werden, so genügt hierzu ein vorsichtiges Anheben desselben; die Keile fallen dann, wenn sie nicht gar zu tief in die Holzleitungen eingedrungen sind, leicht in ihre Sitze zurück. Geschieht dies nicht sogleich, so hat man nur einige leichte Schläge gegen die Leitbäume oder die Keile zu thun, um das Loslassen der letzteren herbeizuführen.

Ein Hauptaugenmerk bei Anbringung der Fangevorrichtung ist auf die Dimensionen des Seilkorbes und der Seilscheibe zu richten. Dieselben sind nach dem oben angeführten Grundsatze zu wählen, doch ist zu bemerken, dass es vortheilhaft ist, dieselben möglichst gross zu nehmen, einmal weil hierdurch das Beharrungsvermögen der Seilscheibe und des Nebenseilkorbes vergrössert, ihre Wirksamkeit also erhöht wird, dann aber auch, weil mit zunehmendem Durchmesser beider die Zahl der Umdrehungen entsprechend abnimmt, in gleicher Weise also auch die Fehlerquelle — bei nicht ganz richtiger Wahl der Durchmesser des Korbes und der Scheibe — welche sich in der ungleichmässigen Verlängerung bezw. Verkürzung beider Seile zu erkennen giebt, verringert wird. Diese Differenzen lassen sich jedoch mit Leichtigkeit in sehr engen, den Betrieb des Fahrstuhls nicht störenden Grenzen halten, und man kann auch die Dimensionen der Seilscheibe und des Seilkorbes im Allgemeinen nicht so gross nehmen wie auf den Bergwerken, wo Seilscheiben von $3{,}5$ bis $4{,}0^{m}$ Durchm. nicht mehr zu den Seltenheiten gehören, so ist doch ein Durchmesser von $1{,}5^{m}$ immerhin schon ein solcher, wie er mindestens gewählt werden kann. Diesem Durchmesser aber entspricht ein Umfang von $4{,}71^{m}$. Da nun eine Aufzugshöhe von $50{,}0^{m}$ weder in Fabriken noch in Hotels überschritten werden dürfte, so würde, wenn wir dies Maximum als Beispiel wählen, die Seilscheibe mit dem Seilkorbe, wenn der Fahrstuhl die ganze Höhe durchläuft, 10 Umdrehungen machen. Auf je $1^{cm}$ Differenz bei jeder Umdrehung würde die Gesammtdifferenz, welche überhaupt möglich ist, $10^{cm}$ betragen; auf 1 bis $2^{cm}$ die Umfänge genau herzustellen, lässt sich aber selbst ohne Anwendung von besonderer Sorgfalt leicht erreichen.

Ist der Umfang des Nebenseilkorbes zu gering, so lässt sich diesem Uebelstande dadurch abhelfen, dass man kleine Brettchen von entsprechender Stärke auflegt; ist derselbe zu gross, d. h. so gross, dass die Gesammtdifferenz zwischen beiden Seilen mehr als 20 bis $30^{cm}$ betragen würde, so bleibt allerdings nichts weiter übrig, als den Seilkorb ganz herunterzunehmen und ihn um das Nöthige abzudrehen. Aus diesem Grunde ist es immer besser, wenn man den Umfang, wo voraussichtlich absolute Genauigkeit sich nicht erzielen lässt, eher etwas zu klein als zu gross herstellt.

Blicken wir nun noch einmal auf die Fangevorrichtung im Ganzen zurück und vergleichen wir sie mit den bereits bekannten Constructionen, so lassen sich ihre wesentlichsten Vortheile vor diesen kurz etwa in Folgendem zusammenfassen.

1) Die Wirkung derselben ist eine absolut sichere, da der Bewegungsmechanismus vollständig selbstthätig und von allen solchen Kräften, welche mit der Zeit erlahmen können, unabhängig ist. Dieselbe gewährt daher bei etwaigem Seilbruch völlige Sicherheit;

2) die Construction ist eine so einfache, dass eine Beschädigung der Vorrichtung nicht leicht eintreten kann; dieselbe bedarf also ebenso wenig häufiger Reparaturen wie einer besonderen Aufmerksamkeit, ein Umstand, der namentlich den meisten anderen Constructionen gegenüber hervorgehoben zu werden verdient;

3) die Anschaffungskosten sind äusserst geringe;

4) fast jede vorhandene Fangevorrichtung kann mit Leichtigkeit und ohne grosse Kosten in die vorstehend beschriebene umgewandelt werden.

## Selbstthätig wirkende Kesselspeisepumpe für Speisewasser, welches durch den abgehenden Dampf erhitzt wird.

Von H. Bosse.

(Vorgetragen in der Versammlung des Hessischen Bezirksvereines vom 16. October 1878.)

(Hierzu Fig. 1 bis 10, Tafel XIX.)

Die neueren Erfindungen und Verbesserungen an Dampfmaschinen und Dampfkesselanlagen zum Zwecke der Kohlenersparung beziehen sich grösstentheils auf die Dampfvertheilungs-Mechanismen, die sog. Steuerungen der Dampfmaschinen, und auch vortheilhafte Bauart der Dampfkessel, um eine grösstmögliche Wärmeausnutzung der Brennmaterialien zu erzielen; während für Nutzbarmachung der bei den Hochdruckdampfmaschinen, Locomotiven und Locomobilen durch den Ausgangsdampf verloren gehenden Wärme seit der Zeit, wo die Dampfstrahlpumpen fast ausschliesslich als Kesselspeisevorrichtungen benutzt werden, sehr wenig geschehen ist.

Hr. Horace Chiazzari de Torres in Turin hatte es sich nun zur Aufgabe gemacht, eine praktische Speisepumpe zu erfinden, welche einen Theil des Ausgangsdampfes mit dem Speisewasser zugleich aufnimmt, um so das erwärmte Wasser dem Kessel zuzuführen. Es ist demselben durch Construction der Pumpe, welche in Nachfolgendem beschrieben werden soll, vollständig gelungen. Ich will dies vorweg gleich damit motiviren, dass eine solche Pumpe seit über einem Jahre zur vollsten Zufriedenheit in der Maschinenfabrik von Henschel & Sohn arbeitet und dass eine Kohlenersparung erzielt ist, welche gegen den Verbrauch, als noch mit Dampfstrahlpumpen gespeist wurde, 20 pCt. beträgt. Das Wasser tritt mit einer Temperatur von 90 bis 95°C. in den Kessel.

Es soll nicht mein Zweck sein, hier hervorzuheben, wie viel ausgezeichnete Atteste über die vortheilhafte Wirkungsweise dieser Pumpe vorliegen, ich will nur noch erwähnen, dass das Patent auf dieselbe von der Firma Henschel & Sohn angekauft ist mit der Ueberzeugung, dass sich die Pumpe bei allen Dampfmaschinenanlagen als sehr vortheilhaft erweisen wird. Nachträglich höre ich, dass der Erfinder der Pumpe auf der letzten Pariser Weltausstellung die grosse goldene Medaille erhalten hat.

Die Pumpe, welche durch die Zeichnungen Fig. 1 bis 10, Taf. XIX, dargestellt ist, soll ohne Unterbrechung arbeiten und besteht dieselbe aus einem Pumpenkörper $AA'$, Fig. 1, in dessen Innerem sich ein Kolben $S$ bewegt, der durch eine dicke Kolbenstange $G$ derart geführt wird, dass sich auf der einen Seite ein viel grösserer Raum als auf der anderen Seite bildet.

Der Pumpenkörper steht in Verbindung:

1) mit dem Wasserreservoir durch das Rohr $T$ und das Kugelventil $t$;

2) mit dem Kessel durch das Rohr $C$ und das Kugelventil $c$;

3) mit dem Cylinder-Abblasrohr mittelst der Leitung $V$ und des Condensators $B$, welcher sich bis zum Kugelventil $b$ erstreckt.

Die beiden Abtheilungen communiciren ausserdem die eine mit der anderen vermittelst der zweitheiligen Leitung $D$, die mit dem Kugelventil $d$ (Fig. 1 und 2) versehen ist, und dem Condensator $B$.

In seinem Laufe nach vorn von $A$ nach $A'$ lässt der Kolben eine Leere hinter sich, welche der atmosphärische Druck mit Wasser aus dem Reservoir füllt, indem das Ventil $d$ geschlossen und das andere $t$ geöffnet wird. In seinem Laufe nach hinten von $A'$ nach $A$ treibt der Kolben, nachdem das Ventil $d$ geöffnet und das andere $t$ geschlossen ist, das Wasser der kleinen Abtheilung so, dass es nach dem Condensator $B$ die kleinen Löcher der Platte $P$ passiren muss, um von da, indem es das Ventil $b$ hebt, in die grosse Abtheilung der Pumpe zu gelangen. Da aber das Wasser nicht genügt, sie gänzlich zu füllen, so wird sich ein leerer Raum im Inneren der besagten Abtheilung bilden und den Abgangsdampf anziehen, welcher mit dem Wasser, welches durch die Platte $P$ hindurchströmt, in Berührung kommt, condensirt und mit demselben in die grosse Abtheilung hineinströmt.

Während des Kolbenlaufes nach vorn wird, sobald die Ventile $c$ und $t$ sich öffnen und die Ventile $d$ und $b$ sich schliessen, das heisse Wasser sich in den Kessel ergiessen, indem es vorher den Luftkessel $H$ passirt hat, während die auf der anderen Seite sich bildende Leere sich mit frischem Wasser füllt, welches auf seinem Wege nach hinten sich in der Folge erwärmt u. s. w.

Der Regulator $R$ (Fig. 1) hat mit seinem Ventil $r$ den Zweck, je nach Bedarf den Querschnitt des Rohres und dadurch die Fassungsfähigkeit der Pumpe zu verringern.

Der Hahn $R$ (Fig. 7) kann als Reserveregulator angebracht werden. Um den Dampf von dem Abblasrohr in die Leitung $V$ zu leiten, muss man in dieses Rohr das Verbindungsstück $E$ (Fig. 1) einfügen.

Der Kolben $S$ wird durch die Zugstange $M$ (Fig. 1) in Bewegung gesetzt, der man mit Hilfe eines Excentrik oder einer Hebelübersetzung seine Bewegung ertheilt.

Bei den grösseren Pumpen wird ein Kreuzkopf $N$ durch die cylindrische Verlängerung des Pumpenkörpers geführt (Fig. 1), während bei kleineren Pumpen die Führung nur durch die Stopfbuchse bewirkt wird; es greift dann die Stange $m$ gabelförmig über die mit Auge versehene Kolbenstange $G$. Die Kolbenstange ist mit gewöhnlicher Hanfliderung versehen, welche bei grösseren Pumpen noch die besondere Einrichtung erhält, dass zwischen der Liderung ein Ring $f$ gelegt ist, Fig. 7, der mit einer Anzahl kleiner Löcher versehen ist, welche mit dem fortwährend mit Wasser gefüllten Ventilraum $d$ communiciren. Derselbe dient für den Fall, dass wenn die Dichtung nicht genügend abschliesst, die durch die Pumpe erzeugte Leere fortwährend Wasser anstatt Luft ansaugt. Der Kolben $S$ kann nach Art der schwedischen Kolben construirt werden, und ist als Material zu demselben Metall zu verwenden, da Eisen von dem heissen Wasser leichter angegriffen wird. Ein einziges Gefäss $U$ (Fig. 1 und 10) genügt, um den Kopf $m$, den Kreuzkopf, die Gleitführung und die Kolbenstange zu schmieren, da das Oel, welches am Fusse der Gleitung anlangt, sich in der Höhlung $q$ sammelt, wo es den Schmierring, der die Kolbenstange umgiebt, anfeuchtet.

Die beiden Filter $F$ und $i$ für den Dampf sollen verhindern, dass Verunreinigungen bis in das Innere der Pumpe gelangen. Dieselben fallen in Vertiefungen und können durch Oeffnen von Schrauben entfernt werden. Es haben sich diese Filter jedoch in der Praxis als überflüssig herausgestellt und werden jetzt auch fortgelassen. Eine Schraube $l$ am Pumpencylinder dient ebenfalls zum Reinigen. Für die Oelung kann man irgend ein System wählen, oder, was besser ist, sich des saugenden Schmierapparates Fig. 10 bedienen. In diesem Apparate befindet sich das kleine cylindrische Ventil $x$, welches, sobald die Pumpe in Ruhe ist, in der Horizontalrichtung der Figur durch eine Spiralfeder gehalten wird, so dass dann das Oel nicht von $u$ nach $u'$ hinunter kann. Sobald aber die Pumpe in Gang gesetzt ist und eine Luftleere in dem Rohr $Q$, welches mit dem Pumpencylinder in Verbindung steht, erzeugt wird, versucht das Ventil $x$, dem atmosphärischen Drucke nachgehend, die Oeffnung des besagten Rohres $Q$ zu schliessen. In dieser Stellung vereinigt die Rinne $h$ die

Löcher $u$ und $u_1$, und das Oel fliesst ab. Das Ventil $i$ am Pumpencylinder verhindert, dass der Druck in das Rohr $Q$ eindringt, und das Ventil wird folglich, so lange die Pumpe functionirt, immer geöffnet bleiben. Eine oder mehrere Lagen Baumwollenzeug, die auf dem Loche $u$ placirt sind, dienen zur Filtration des Oels und zur Regulirung des Ausflusses. Sobald die Pumpe zu functioniren aufhört, und der Druck in dem Rohre $Q$ wieder hergestellt ist, stösst die Feder das Ventil in die ursprüngliche Stellung, und der Ausfluss des Oels hört auf. Bei sparsamer Bedienung genügt indessen ein einfaches Schmiergefäss wie bei Fig. 1 gezeichnet.

Um die Wirkungsweise dieser Pumpe zu erhöhen, so dass das Wasser, wie bereits durch Versuche erwiesen, mit 95⁰ in den Kessel tritt, ist noch folgende Einrichtung angebracht.

Das Ansaugerohr $T$, anstatt sich direct mit dem Regulator $R$ (Fig. 7) zu vereinigen, ergiesst das Wasser in den Injector $J$, von wo das Rohr sich in Form eines doppelten Hebers abzweigt, um sich dem Ventil $t$, Fig. 1, bezw. dem Regulator $R$, Fig. 7, in seiner niedergehenden Abzweigung anzuschliessen. Ein anderes Rohr $V$, ein einfacher Heber, schliesst sich an den Injector an, und durch dieses Rohr strömt der abgehende Dampf, der aus der Hauptleitung $V$ kommt in den durch ein Ventil regulirbaren Vorcondensator $J$, in welchem sich ebenfalls ein Filter $i$ befindet. Die Röhren $T$ und $V$ communiciren an der oberen Partie des Hebers vermittelst eines Verbindungsstückes $O$, welches in seiner Mitte mit einem Hahne versehen ist, oder um den Apparat selbstthätig zu machen mit einem Ventil $o$, welches sich von oben nach unten öffnet, Fig. 8 und 9, wo dann das Knie des Heberrohres $T$ über dem des Rohres $v$ liegen muss.

Bei dieser Einrichtung setzt sich, sobald die Maschine in Ruhe ist, das Wasser des Tenders mit demjenigen in den Röhren $T$ (aufsteigende Abzweigung) und $V$ (absteigende Abzweigung) ins Gleichgewicht. Sobald aber der Regulator geöffnet ist, tritt der Abgangsdampf mit Heftigkeit in das Rohr $V$, und das Ventil $O$ schliesst sich (bei Anwendung des Hahns wird derselbe mit der Hand geschlossen). Die sodann durch den Pumpenkolben gebildete Leere bewirkt Ansaugung in der niedergehenden Abzweigung $T$, und der atmosphärische Druck drückt das Wasser in den Pumpenkörper; während der Druck des Dampfes auf der anderen Seite die längere Abzweigung des Rohres $V$ entleert; indem sich der Dampf mit der Wassermasse vermischt, erwärmt er dieselbe theilweise.

Jedesmal, wenn Dampf in dem Rohre $V$ steht, wird die Pumpe ohne Unterbrechung arbeiten, wenn aber das Dampfabsperrventil der Dampfmaschine oder der Regulator der Locomotive geschlossen wird, so enthält das Rohr $V$ nichts weiter als Luft, und das Ventil $O$ öffnet sich, durch sein Eigengewicht herabgezogen. (Bei Anwendung des Hahns wird derselbe mit der Hand geöffnet.) Sodann saugt die kleine Abtheilung der Pumpe nur Luft durch das Ablassrohr, und die Pumpe arbeitet leer; aber jedesmal, wenn man den Regulator öffnet, wird sie wie vorhin zu functioniren anfangen. Es ist klar, dass man den Apparat bei jeder Art Pumpen anwenden könnte, wenn man sich damit begnügt, dass das Wasser auf 75⁰ erwärmt wird.

Dieser combinirte Pumpeninjector wird, an der Locomotive angebracht, folgende Resultate ergeben.

a. Vermehrung in der Stärke der Locomotive um 20 pCt.;
b. Oekonomie von 20 pCt. sowol an Wasser als an Feuerung;
c. leichtere Handhabung der Locomotive,
   1) weil die Speisung automatisch ist;
   2) weil während der Speisung in dem Kessel nicht mehr eine Verringerung des Druckes eintreten wird;
   3) weil das Quantum des Brennstoffs um $1/5$ verringert wird;
d. Verminderung der Unterhaltungskosten des Kessels.
   1) weil die Speisung fortwährend und mit kochendem Wasser stattfindet;
   2) weil die Incrustation des Kessels im Inneren um $1/5$ verringert wird;
   3) weil die Verbrennung sich langsamer vollzieht, der Herd und die Siederöhren weniger angegriffen werden.

Zum Schlusse will ich noch anführen, dass eine solche Pumpe, ohne den Rohrapparat, an einer in der Maschinenfabrik von Henschel & Sohn gebauten Trambahn-Locomotive angebracht wurde und die ausgezeichnetsten Resultate ergeben hat. Es ist bei den Trambahn-Locomotiven eine Hauptaufgabe, den Ausgangsdampf der atmosphärischen Luft unsichtbar zuzuführen, wenn man nicht besondere Condensationsapparate anbringen will. Es ist dies im Sommer bei Coksbrand leicht zu erreichen. Ist jedoch die Luft kühl und feucht, so ist es schwierig, den Dampf unsichtbar fortzuschaffen, um so schwieriger, wenn der Dampf theilweise zu Wasser condensirt ist.

Die Pumpe ist an der Locomotive so angebracht, dass dieselbe aus einem Behälter, in welchen die Ausgangsrohre beider Dampfcylinder einmünden, den Dampf sowol als das übergerissene und condensirte Wasser fortnimmt, so dass der aus dem Schornstein noch ausströmende Dampf verhältnissmässig trocken ist. Die Probefahrt mit der Locomotive, welche an einem sehr kühlen regnigten Tage stattfand, ergab das überraschende Resultat, dass der Dampf ganz unsichtbar entwich.

# Technische Literatur.

## Mechanik.

**Das graphische Rechnen und die graphische Statik,** von Karl v. Ott, Director der II. deutschen Staats-Oberrealschule u. s. w. in Prag. Vierte gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 129 Holzschnitten und 2 Tafeln. Erster Theil: Das graphische Rechnen. 196 S. Prag, 1879. J. G. Calve. —

Das Buch ist eine gute und systematische Zusammenstellung alles dessen, was in Bezug auf graphisches Rechnen für den Techniker von Wichtigkeit ist. Die Beigabe über die Theorie und den Gebrauch des logarithmischen Rechenschiebers wird zur Verbreitung dieses so nützlichen Instrumentes viel beitragen und dadurch der Technik recht gute Dienste leisten. Der Abschnitt über die graphische Darstellung der Functionen ist leicht verständlich und im guten Sinne populär gehalten.

Für den Werth der v. Ott'schen Schriften über graphisches Rechnen und graphische Statik spricht übrigens schon der Umstand, dass sie nun in vierter Auflage vorliegen.

ng.

**Graphische Ermittelung der Spannungen in den Hochbau- und Brückenbau-Constructionen.** Zum Gebrauche für Architekten und Ingenieure, für Bau- und Gewerbeschulen, für Maurer- und Zimmermeister, sowie auch zum Selbstunterricht für Bauhandwerker. Herausgegeben von Ludwig Klasen, Architekt und Ingenieur in Wien. Mit 199 Holzschnitten und 6 lithographirten Tafeln. 112 S. gr. 8. (Preis 10 *M.*) Leipzig, 1878. Arthur Felix. —

Das vorliegende Buch hat einen gewissen Werth als Ergänzung zu den übrigen beliebten Werken des Verfassers aus dem Gebiete der Bauconstructionslehre. Im Uebrigen ist es, was Vollständigkeit und Verständlichkeit betrifft, nicht besser und nicht schlechter als die mehrfachen, denselben Gegenstand elementar behandelnden Schriften; dem v. Ott-schen Werke steht es an Schärfe der Entwickelungen nach.

R. Z.

## Bauwesen.

**Der Eisenhochbau der Gegenwart.** Systematisch geordnete Sammlung neuerer eiserner Hochbau-Constructionen. Zum Gebrauche bei Vorlesungen und Privatstudien sowie bei dem Entwerfen, Berechnen und Veranschlagen von Eisenhochbauten zusammengestellt und mit Text begleitet von Dr. F. Heinzerling, königl. Baurath und Professor an der polytechnischen Schule zu Aachen. Zweites Heft. Mit 6 lithographirten Tafeln in Gross Doppel-Folio, 2 lithographirten Texttafeln und $14\frac{1}{2}$ Bogen Text mit 45 Holzschnitten. (Preis 14 *M.*) Aachen, 1878. J. A. Meyer. —

Nachdem wir bei Besprechung des ersten Heftes vorliegenden Werkes in Bd. XX, S. 95 d. Z. die Art und Weise, in welcher der Verfasser seinen Stoff behandelt, dargelegt, mag es an dieser Stelle genügen, über den Inhalt der vorliegenden zweiten Lieferung kurz zu referiren. Dasselbe bringt die Construction der Ueberdachungen für Gebäude mit rechteckigem Grundriss und mit gekrümmten Sparren und

bespricht als Ausführungen nach diesem System die Perronhallen des Niederschlesisch-Märkischen, des Görlitzer und des Ostbahnhofes in Berlin, die Personenhalle des Nordwestbahnhofes in Wien, der Limestreet-Station in Liverpool und des Centralbahnhofes in Birmingham, ferner das Dach über dem einen Retortenhause der englischen Gasanstalt in Berlin und endlich den Dachstuhl über Zuschauer- und Bühnenraum im Wiener Opernhause.

Wegen der Verschiedenheit in Spannweite und Construction der aufgeführten Vorbilder ist damit für den Constructeur eine vielseitige Anregung geboten. R. Z.

**Die neueren Trägersysteme für eiserne Brücken.** Ein Beitrag zur Theorie des Brückenbaues von A. Foeppl, Ingenieur und Oberlehrer an der städtischen Gewerbeschule zu Leipzig. 32 S. und 1 Tafel. Leipzig, 1878. G. Knapp. —

Der Verfasser bespricht eine Reihe zum Theil eigener neuer Vorschläge zu Brückenconstructionen und ausführlicher ein ihm patentirtes Auflager. Dasselbe ist wie ein gewöhnliches Pendellager angeordnet, stützt sich aber unter einem Winkel von 30° gegen das Pfeilermauerwerk, wodurch die untere Gurtung zum Theil entlastet wird und daher verhältnissmässig schwächer construirt werden kann. Die hierdurch erzielte Ersparniss dürfte aber wegen der nun erforderlichen Verstärkung des Pfeilermauerwerkes gegen Horizontalschub ziemlich illusorisch werden.

Wenn wir daher die vorliegende Schrift als Beitrag zu der noch vielfach lückenhaften Theorie des Brückenbaues auch gelten lassen wollen, können wir doch den Vorschlägen des Verfassers keine grosse Zukunft versprechen. R. Z.

**Die Strassen der Schweiz.** Im Auftrage des schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereines bearbeitet und herausgegeben von S. Bavier, Ingenieur. Mit 20 Tafeln und 3 Karten. 153 S. gr. 4. (Preis 11 ℳ.) Zürich, 1878. Orell Füssli & Co. —

Wie zu manchen anderen Werken, welche die baulichen Anlagen und dazu gehörende Unternehmungen der Schweiz zum Gegenstande der Besprechung machen, ist auch zu dem vorliegenden die Anregung von dem schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein ausgegangen. Der Verfasser hat mit grösster Sorgfalt aus alten und neuen Urkunden das einschlägige Material gesammelt und in anziehender Darstellungsweise zusammengestellt. Der Hauptsache nach ordnet sich dasselbe in drei grössere Abschnitte, die von den Römern erbauten Strassen, die Wegebauten nach der Römerzeit bis zum Anfange dieses Jahrhunderts und die in dem letzteren hergestellten Anlagen. Naturgemäss kommen auch dabei die vielfachen Brücken, welche in den Strassenzügen liegen, zur Besprechung.

Das reichhaltige Material, der anziehende Vortrag und die sauberen Illustrationen, darunter zwei grosse Karten der Schweiz mit den Strassen der Römerzeit und denen des Jahres 1877, sollten dem Buche auch in weiteren Kreisen manche Freunde gewinnen. R. Z.

**Was thut dem Wasserbau noth?** Vorschläge für den Fortschritt der Hydrotechnik in Lehre und Dienst-Organisation von Dr. Josef R. Ritter Lorenz v. Liburnau, k. k. Ministerialrath. Mit 3 Tafeln. 60 S. Wien, 1879. Faesy & Frick. —

Aus der Geschichte der in den letzten Jahrzehnten vorgekommenen Unfälle durch Wassersnoth und der Mittel, welche zu ihrer Bekämpfung angewendet wurden, kommt der Verfasser zu dem Schluss, dass sowol die technische Ausbildung als auch die dienstliche Verwendung der Wasserbau-Ingenieure nicht die erforderliche Gewähr für richtige Erledigung solcher Fragen bieten können. Das Mittel zur Abhilfe wird auch hier in einer genauen Specialisirung des Faches der Hydrotekten gefunden, welche in Zukunft sich allein mit dem Wasserbau beschäftigen sollen und in ihrer amtlichen Wirksamkeit nicht durch Landesgrenzen zu beschränken sind, sondern die Verwaltung eines bestimmten Flusslaufes zu übernehmen haben. R. Z.

## Eisenbahnwesen.

**Ueber Eisenbahnschienen.** Versuche und Studien von Anton, Ritter v. Kerpely, Bergrath u. s. w. in Schemnitz. Mit zahlreichen Holzschnitten und 18 lithographirten und Naturabdruck-Tafeln. 60 S. gr. 4. (Preis 15 ℳ.) Leipzig, 1878. Arthur Felix. —

Veranlassung zu der vorliegenden Arbeit, welche die Ergebnisse fleissiger und sorgsamer Untersuchungen bringt, gab die Zusammenberufung einer Sachverständigen-Commission seitens der ungarischen Regierung mit dem Auftrage, die etwaigen Vortheile der Bessemerschienen gegen solche von Eisen festzustellen, um infolge dessen einige der bisherigen ungarischen Eisenwerke auf die Fabrikation von Bessemer- oder Martinstahl einzurichten. Die Arbeiten dieser Commission hat der Verfasser fortgesetzt und nach bestimmten Richtungen ergänzt.

In seinen Mittheilungen geht er von der doppelten Aufgabe der Eisenbahnschienen aus, welcher man zuerst durch Herstellung der Schienen aus besonderem Material für den harten Kopf bezw. den sehnigen Fuss gerecht zu werden suchte, jetzt vorzugsweise, um die Folgen mangelhafter Verbindung der verschiedenen Eisensorten zu vermeiden, durch Verwendung gleichartigen Materials von entsprechender Härte und Zähigkeit zu erreichen glaubt. Es werden sodann die den Untersuchungen unterworfenen, der Hauptsache nach aus ungarischen Werken bezogenen 19 Schienensorten aus Eisen, Eisen mit Stahlkopf und Bessemerstahl genau beschrieben, auch, wo Nachrichten zu erlangen waren, über ihre Herstellung eingehender berichtet.

Zur Ausführung kamen Biegungsproben, Druckproben, Fallproben und Härteproben, deren Resultate in den entsprechenden Abschnitten vom Verfasser zusammengestellt und beleuchtet werden, ihm auch Gelegenheit geben, einige wichtige, bisher nicht genügend beachtete Thatsachen festzustellen.

Die zuerst mittelst Stahlspitzen angestellten Härteproben wurden von dem Verfasser nach der elektromagnetischen Methode von Waltenhofen wiederholt, wobei sie sich als wenig zuverlässig zeigten. Die Ergebnisse der letzteren Methode stellte der Verfasser sodann mit denen der chemischen Analyse der einzelnen Schienensorten zusammen, um die Einwirkung der verschiedenen Beimengungen zum Eisen auf die Härte des Materials zu untersuchen. Endlich werden noch an Aetzproben und danach sehr sauber hergestellten Naturabdrücken sowie der Schienen selbst als auch möglichst der Vorfabrikate die Structur ihres Materials mit den bekannt gewordenen Vorgängen beim Walzen, den Ergebnissen der chemischen Analysen und der angestellten Versuche zusammengehalten und verglichen.

Wenn auch die Mittheilungen des Verfassers an sich schon nicht ohne Werth sind, so glauben wir, liegt ihre hauptsächliche Bedeutung in der Anregung, welche sie zur Fortsetzung derartiger Versuche auch an anderen Orten geben und darin, dass sie einen bestimmten Weg für solche Untersuchungen vorgezeichnet haben. R. Z.

## Verschiedenes.

**Karmarsch und Heeren's technisches Wörterbuch.** Dritte Auflage, ergänzt und bearbeitet von Kick und Gintl, Professoren an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag. Lieferung 30 und 31. S. 721 bis 802 und S. 1 bis 80. Prag, 1878. Verlag der Bohemia. —

Mit der vorliegenden Lieferung 30 schliesst der dritte Band des Werkes mit dem Artikel „Giesserei" ab, während die folgende den Anfang des vierten bildet. Noch aus der früher besprochenen Lieferung geht ein Artikel über Gebläse herüber, welchem von grösserem Umfange die Untersuchung der Gespinnstfasern und eine Betrachtung über Gewölbe folgen. Der schon erwähnte Artikel über Giesserei ist recht eingehend gehalten. Ihm zur Seite stehen in der folgenden Nummer die auf Glas, Glasfabrikation Glasraffinerie u. s. w. bezüglichen Abschnitte, welche, fast den ganzen Inhalt der Lieferung füllend, ein ganz übersichtliches Bild über diesen Industriezweig gewähren. R. Z.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# ZEITSCHRIFT
DES
# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

**1879. Band XXIII. Heft 10. Octoberheft.**

## Abhandlungen.

### Ueber den Werth von Wasserkraft im Vergleich zur Dampfkraft.

Von **Walter Zuppinger**, Baurath in Ravensburg.

(Vorgetragen in der Hauptversammlung des Württembergischen Bezirksvereines vom 29. Juni 1879.)

Der mehrfachen Aufforderung, bei der heutigen Versammlung einen Vortrag über irgend ein Thema aus meinem langjährigen praktischen Leben zu halten, komme ich um so williger nach, als ich dadurch die schon lange gesuchte Gelegenheit mir verschaffen kann, mich auf möglichst objective Art auszusprechen gegen die am 3. August vorigen Jahres in unserem Bezirksverein ohne Widerspruch gut geheissene Ansicht, welche in unserem Organ, der Wochenschrift No. 36 von 1878 ausführlich veröffentlicht wurde und welche, mit wenigen Worten zusammengefasst, ungefähr lautet: „Dass nach heutigem Stande des Dampfmaschinen- und Dampfkesselbaues in den meisten Fällen eine Dampfbetriebskraft, weil vortheilhafter und billiger, einer Wasserbetriebskraft vorzuziehen sei."

In erwähnter Vereinsversammlung war ich nicht anwesend, und da ich, gestützt auf meine 35jährige Erfahrung in Errichtung von Fabrikanlagen mit Wasserkraftbetrieb, mit dieser Anschauung über den Werth von Wasserkraft gegenüber dem Werth von Dampfkraft nicht einverstanden bin, so glaube ich es der Sache schuldig zu sein, im Interesse der Wahrheit, der Industrie und im Interesse unseres Vereines selbst, um denselben vor dem Vorwurf der Einseitigkeit zu bewahren, gegen die Richtigkeit erwähnter Anschauung Einsprache zu erheben und diese durch Zahlen zu begründen.

Bevor ich mit den Berechnungen über den jährlichen Kostenaufwand für Dampfkraft beginnen kann, muss ich vorher noch die Daten über:

A. Anlagecapital;

B. Kohlenconsum pro effective Pferdest. und Stunde für ein volles Betriebsjahr von 300 Arbeitstagen (zu 12 und 24 Stunden);

C. Preis von $100^k$ Steinkohlen franco Kesselhaus festsetzen.

A. Zur Feststellung der Grösse des Anlagecapitals wähle ich ein mir genau bekanntes Beispiel einer Dampfkraftanlage von 100 Pferdest. effectiv, welche mit billigem Baumaterial, zweckmässig und solid, jedoch ohne Luxus vor etwa 5 Jahren zur Betreibung einer Baumwollspinnerei in Süddeutschland ausgeführt wurde.

Die bei dieser Dampfkraftanlage angewandten Dampfkessel sind zwei Cornwallkessel mit Galloway-Röhren construirt für 5 Atm. Ueberdruck, haben zusammen eine Heizfläche von $85^{qm}$ und sollen nach angestellten Versuchen mit gewöhnlich guten Handelskohlen ohne Abzug von Asche und Schlacke eine 8 bis 9fache Verdampfungsfähigkeit besitzen. Mit diesen zwei Dampfkesseln steht ein neuer englischer Vorwärmerapparat (Green'scher Economiser) mit 32 Heizröhren, Schiebervorrichtung und Garnitur, als: Sicherheitsventil, Dampfabschliessung, Putzthüren, Thermometer u. s. w. in Verbindung.

Die Dampfmaschine ist eine liegende Zwillingsmaschine mit Ventilsteuerung. Die zwei Cylinder haben einen inneren Durchmesser von je $375^{mm}$. Der Hub beträgt $900^{mm}$. Die Maschine arbeitet mit 55 Drehungen pro Minute und übt bei $^1/_4$ bis $^1/_3$ Füllung und mit 5 Atm. Spannung des einströmenden Dampfes eine Kraft von 100 Pferdest. effectiv aus.

Kessel und Dampfmaschine sind von der im Dampfmaschinenbau vortheilhaft bekannten Firma Gebr. Sulzer in Winterthur geliefert.

Diese Dampfkraft von 100 Pferden effectiv wurde zu wiederholten Malen ermittelt durch Vergleichung mit der Leistung von Turbinen, deren Kraft durch Bremsversuche genau nachgewiesen ist; indem man abwechslungsweise wochenlang eine gleiche Anzahl Spinnmaschinen mit den Turbinen und mit der Dampfmaschine betrieb.

Das ganze Anlagecapital, inbegriffen Dampfkessel,

Vorwärmer, Speisepumpe; Dampfmaschine mit Zubehör und gezahntem Schwungrad; Kesseleinmauerung, Maschinenfundament; Gebäude für Dampfmaschine und Kessel mit Kamin; Alles fertig in Betrieb gesetzt, beträgt 55000 ℳ.

Da diese Anlage zur Zeit der höchsten Preise von Bauten und Maschinen ausgeführt wurde, so rechne ich für heutige Anlagekosten nur 47000 ℳ und theile solche ein in:

| | | |
|---|---|---|
| 1) Dampfkessel . . . | 14000 ℳ | |
| 2) Dampfmaschine . . | 20000 „ | |
| 3) Bauten mit Kamin . | 13000 „ | |
| zusammen | 47000 ℳ. | |

B. Feststellung des **Kohlenconsums** pro 1 Pferdest. effectiv für ein volles Betriebsjahr von 300 Arbeitstagen zu 12 Stunden.

Der Constructeur hat bei dieser eben erwähnten Dampfkraftanlage pro effective Pferdest. und Stunde einen Kohlenconsum garantirt von $1^k$ guter Ruhr- oder Saarkohlen, wie solche im Handel gewöhnlich vorkommen, und soll er diesen Kohlenconsum durch Versuche nachgewiesen haben. Schon von Anfang an, im ersten halben Jahre bei vollständig guter Instandhaltung von Kessel und Maschine, ergab sich aber für eine ganze Woche, von Montag Morgen bis Samstag Abend bei einer Arbeitszeit von 12 Stunden pro Tag mit einer Stunde Mittagsruhe ein Kohlenconsum pro effective Pferdest. und Stunde von $1{,}75$ bis $2^k$ gewöhnlich guter Handelskohlen.

Dieser in Wirklichkeit so auffallende Mehrverbrauch an Kohlen gegenüber der Garantie kommt bei den besten Dampfkraftanlagen vor und erklärt sich leicht aus folgenden Gründen:

Angenommen, der Constructeur garantire einen Kohlenconsum von $0{,}9$ bis $1^k$ beste Kohlen pro indicirte Pferdest. und Stunde, so wird es bei einer Dampfmaschine von 100 Pferdest. pro effective Pferdest. und Stunde wenigstens 15 pCt. mehr Kohlen erfordern; also wenigstens pro effective Pferdest. und Stunde $1{,}035$ bis $1{,}15^k$.*)

Berücksichtigt man, dass die Garantieproben gewöhnlich bei neuen Dampfmaschinen und Kesseln und durch den Constructeur selbst, also von erfahrenen Fachmännern und nur für kurze Zeit auf das Sorgfältigste angestellt werden, wobei selbstverständlich nur beste Kohlen in Verwendung kommen und oft die Rückstände, als Asche, Schlacke u. s. w. abgezogen werden; dass ferner unberücksichtigt bleibt der Kohlenverlust für täglich zweimaliges Anheizen; dass nur gewöhnliche Handelskohlen in Verwendung kommen, welche öfter 10 und mehr Procent schlechter und besser sind; dass die Heizung nur durch gewöhnliche gute Heizer besorgt wird; dass die Kessel auch bei dem reinsten Speisewasser und bester Instandhaltung nie ganz frei von Kesselstein sind; so ist erklärlich, dass der Kohlenconsum bei regelmässigem Betriebe für ein ganzes Jahr in Wirklichkeit das Doppelte der Garantie betragen wird.*)

Ein weiteres Beispiel ist mir bekannt in der Schweiz, wo der Constructeur mit einer Woolf'schen Maschine und mit einem Röhrenkessel für 1 Pferdest. gebremst einen Kohlenverbrauch garantirte von nur $1^k$ pro Stunde, wobei allerdings die Asche und Schlacke in Abzug kamen, weil die Kohlen nur gewöhnliche Handelskohlen waren. Durch tagelange, sorgfältige Bremsversuche konnte der Constructeur die garantirte Leistung nachweisen; und trotzdem versicherte mich der Fabrikdirector, dass er schon in den ersten Monaten nachher wenigstens das Doppelte, also $2^k$ von gewöhnlichen Handelskohlen bei regelmässigem Betriebe während eines Monats zu 25 Arbeitstagen von je 12 Stunden mit Unterbrechung einer Ruhestunde Mittags verbrauche, ohne dass bei dieser Dampfkraftanlage irgend welche ungewöhnliche Ursachen, als ungewöhnlich unreines Speisewasser, schlechter Heizer, schlechte Besorgung der Maschine u. s. w. vorhanden waren. Wenn ich also auch überzeugt bin, dass für einen mittleren Zeitraum von 5 Jahren der Kohlenconsum pro Pferdest. und Stunde mit gewöhnlicher Handelskohle und gewöhnlich gutem Heizer bei den besten Dampfmaschinen und Kesseln vollständig doppelt so gross ist, wie der Constructeur denselben garantirt und leistet, so will ich dennoch, um sicher zu sein, bei meiner Jahreskostenberechnung über Dampfkraft eher zu tiefe als zu hohe Ansätze in Rechnung zu bringen, für den wirklichen Kohlenverbrauch pro **effective** Pferdest. für ein volles Betriebsjahr von 300 Tagen nur das Doppelte annehmen, was der Constructeur für eine **indicirte** Pferdest. garantirt, also bei einer Garantie von $0{,}9^k$ pro Pferdest. indicirt: $1{,}8^k$ pro Pferdest. effectiv.

C. Feststellung des **Preises** von $100^k$ **gewöhnlich guter Handelskohlen** (Ruhr- oder Saar-Kohlen) franco Kesselhaus.

I. Für Dampfkraftanlagen in der Nähe der Kohlengruben: Heute kosten in Grube Heinitz $10000^k$ = 200 Ctr.

| | |
|---|---|
| I. Qual. . . . . . . . . . . . . . . | 110 ℳ |
| Fracht von Grube bis Kesselhaus pro $100^k$ 10 Pf. = | 10 „ |
| Totalkosten für $10000^k$ . . . . . . . . . | 120 ℳ |

franco Kesselhaus oder pro $100^k$ = $1{,}20$ ℳ.

II. Für Württemberg: Mittlere Preise der Kohlen von Cannstatt, Heidenheim und Ravensburg.

Heute kostet ein Waggon von $10000^k$ = 200 Ctr. Saarbrücker Kohlen

*) Nach vielen eigenen Beobachtungen und nach langjährigen Erfahrungen von mir befreundeten Specialisten im Dampfmaschinenbau (Engländer) nehme ich für gelungene Dampfkraftanlagen (Hochdruck 5 Atm. 1/4 bis 1/3 Füllung und Condensation) bei Kräften von 25 bis 100 Pferdest. für die effective Pferdest. einen 20 bis 15 pCt. grösseren Kohlenconsum an als für die indicirte Pferdestärke.

*) Wenn z. B. bei Wettfeuerungen von Dampfkesseln durch eine Anzahl erfahrener Heizer, welche durch Vorprüfung aus einer grösseren Anzahl von Angemeldeten ausgesucht wurden, unter ganz gleichen Verhältnissen von Kesseln, Kohlen, Wasser u. s. w. zur Erzeugung einer bestimmten Menge Dampf von gegebener Spannung ein Unterschied im Kohlenverbrauch von über 20 pCt. vorkommt, so darf man den Schluss ziehen, dass noch höher sich der Mehrverbrauch eines gewöhnlichen Heizers gegenüber dem eines gebildeten Constructeurs stellen wird.

1) In Cannstatt:

| | |
|---|---|
| franco Grube Heinitz 10000ᵏ I. Qual. | 110 ℳ |
| Fracht von Grube bis Cannstatt 1 Waggon mit 10000ᵏ | 82 „ |
| Provision für den Kohlenlieferanten pro 100ᵏ 6 Pf. | 6 „ |
| Fracht vom Bahnhof bis Kesselhaus im Mittel pro 100ᵏ 16 Pf. | 16 „ |
| Totalkosten pro 10000ᵏ = 200 Ctr. | 214 ℳ |

franco Kesselhaus oder pro 100ᵏ in Cannstatt 2,14 ℳ.

2) In Heidenheim:

| | |
|---|---|
| franco Grube Heinitz 10000ᵏ = 200 Ctr. I. Qual. | 110 ℳ |
| Fracht von Grube bis Heidenheim 1 Waggon mit 10000ᵏ | 110 „ |
| Provision für den Kohlenlieferanten wie oben | 6 „ |
| Fracht vom Bahnhof bis Kesselhaus wie oben | 16 „ |
| Totalkosten pro 10000ᵏ | 242 ℳ |

franco Kesselhaus oder pro 100ᵏ in Heidenheim 2,42 ℳ.

3) In Ravensburg:

| | |
|---|---|
| franco Grube Heinitz pro 10000ᵏ = 200 Ctr. I. Qual. | 110 ℳ |
| Fracht von Grube bis Ravensburg 1 Waggon von 10000ᵏ | 132 „ |
| Provision für den Kohlenlieferanten wie oben | 6 „ |
| Fracht vom Bahnhof bis Kesselhaus wie oben | 16 „ |
| Totalkosten pro 10000ᵏ | 264 ℳ |

franco Kesselhaus oder pro 100ᵏ in Ravensburg 2,64 ℳ.

Demnach das Mittel der Kohlenpreise in Württemberg für 100ᵏ

in Cannstatt . . . . . 2,14 ℳ
„ Heidenheim . . . . 2,42 „
„ Ravensburg . . . . 2,64 „

also pro 100ᵏ im Mittel 2,40 ℳ.

Unter Zugrundelegung dieser verschiedenen Hauptdaten ergeben sich nun folgende Jahreskostenberechnungen einer Dampfkraft von 100 Pferdest. effectiv.

I. In der Nähe der Kohlengruben (Saarbrücken oder Ruhr).

A. Für eine Arbeitszeit von 1 Jahr zu 300 Tagen zu je 12 Arbeitsstunden:

| | |
|---|---|
| 1) Vom Anlagecapital von 47000 ℳ ein Jahreszins von 5 pCt. macht | 2350 ℳ |
| 2) Von Dampfmaschinen- und Kesselwerth von 34000 ℳ eine Jahresabschreibung von 5 pCt. | 1700 „ |
| 3) Vom Werth der Gebäude mit Kamin von 13000 ℳ eine Jahresabschreibung von 2 pCt. macht | 260 „ |
| 4) Jährlicher Kohlenconsum für 100 Pferdest., pro Pferdest. und Stunde 1,8ᵏ, macht 300 . 12 . 100 . 1,8 = 648000ᵏ, pro 100ᵏ 1,20 ℳ = | 7776 „ |
| 5) Für Bedienung der zwei Kessel und der Dampfmaschine 1½ Mann*), pro Tag 4 ℳ, macht zus. 6 ℳ pro Tag, also pro Jahr | 1800 „ |
| 6) Für kleinere Reparaturen, Oele und Stopfbuchserneuerungen u. s. w. pro Jahr | 900 „ |
| Totalausgaben pro Jahr | 14786 ℳ |

für 100 Pferdest. oder für 1 Pferdest. 147,86 ℳ oder rund 148 ℳ.

*) Ein Mann zum Heizen der zwei Kessel und ein Mann zur Bedienung der Maschine, welcher als Mechaniker zugleich Reparaturen zu besorgen hat, daher für Maschinenbedienung auch nur ein halber Tag gerechnet wird.

B. Für eine Arbeitszeit von 1 Jahr zu 300 Tagen zu je 24 Arbeitsstunden.

| | |
|---|---|
| 1) Vom Anlagecapital von 47000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. | 2350 ℳ |
| 2) Von Dampfmaschinen- und Kesselwerth von 34000 ℳ eine Jahresabschreibung von 10 pCt. | 3400 „ |
| 3) Vom Werth der Gebäude mit Kamin von 13000 ℳ eine Jahresabschreibung von 2 pCt. | 260 „ |
| 4) Jährlicher Kohlenconsum für 100 Pferdest., pro Pferdest. und Stunde 1,8ᵏ, macht 300 . 24 . 100 . 1,8ᵏ = 1296000ᵏ, pro 100ᵏ 1,20 ℳ | 15552 „ |
| 5) Für Bedienung der zwei Kessel und der Dampfmaschine, 1½ Mann Tag und Nacht oder 3 Mann, pro Tag 4 ℳ, zusammen 12 ℳ pro Tag, macht pro Jahr | 3600 „ |
| 6) Für kleinere Reparaturen, Oel und Stopfbuchsenerneuerungen u. s. w. pro Jahr | 1800 „ |
| Totalauslagen pro Jahr | 26962 ℳ |

für 100 Pferdest. oder für 1 Pferdest. 269,62 ℳ oder rund 270 ℳ.

II. In Württemberg (Gegend von Cannstatt, Heidenheim und Ravensburg).

A. Für eine Arbeitszeit von 1 Jahr zu 300 Arbeitstagen zu je 12 Arbeitsstunden.

| | |
|---|---|
| 1) Vom Anlagecapital 47000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. | 2350 ℳ |
| 2) Vom Dampfmaschinen- und Kesselwerth von 34000 ℳ eine Jahresabschreibung von 5 pCt. | 1700 „ |
| 3) Vom Werth der Gebäude mit Kamin von 13000 ℳ eine Jahresabschreibung von 2 pCt. | 260 „ |
| 4) Jährlicher Kohlenconsum für 100 Pferdest., pro Pferdest. und Stunde 1,8ᵏ, macht 300 . 12 . 100 . 1,8 = 648000ᵏ, pro 100ᵏ 2,40 ℳ | 15552 „ |
| 5) Für Bedienung der zwei Kessel und der Dampfmaschine wie oben | 1800 „ |
| 6) Für kleinere Reparaturen, Oel und Stopfbuchsenerneuerungen u. s. w. wie oben | 900 „ |
| Totalauslagen pro Jahr | 22562 ℳ |

für 100 Pferdest. oder für 1 Pferdest. 225,62 ℳ oder rund 225 ℳ.

B. Für eine Arbeitszeit von 1 Jahr zu 300 Tagen zu je 24 Arbeitsstunden.

| | |
|---|---|
| 1) Vom Anlagecapital von 47000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. | 2350 ℳ |
| 2) Vom Dampfmaschinen- und Kesselwerth von 34000 ℳ eine Jahresabschreibung von 10 pCt. | 3400 „ |
| 3) Vom Werth der Gebäude mit Kamin von 13000 ℳ eine Jahresabschreibung von 2 pCt. | 260 „ |
| 4) Jährlicher Kohlenconsum für 100 Pferdest., pro Pferdest. und Stunde 1,8ᵏ, = 300 . 24 . 100 . 1,8 = 1296000ᵏ, pro 100ᵏ 2,40 ℳ | 31104 „ |
| 5) Für Bedienung der zwei Kessel und der Dampfmaschine 3 Mann wie oben | 3600 „ |
| 6) Für kleinere Reparaturen, Oel und Stopfbuchsenerneuerungen u. s. w. wie oben | 1800 „ |
| Totalauslagen pro Jahr | 42514 ℳ |

für 100 Pferdest. oder für 1 Pferdest. 425,14 ℳ oder rund 425 ℳ.

Um die Resultate dieser vier Jahreskostenberechnungen über 100 Pferde Dampfkraft übersichtlich zu haben, setze ich dieselben hier noch bei.

| In der Nähe der Kohlengruben. | | In Württemberg. | |
|---|---|---|---|
| 300 Tage zu 12 St. | 300 Tage zu 24 St. | 300 Tage zu 12 St. | 300 Tage zu 24 St. |
| ℳ | ℳ | ℳ | ℳ |
| 14 786 | 26 962 | 22 562 | 42 514 |
| pro 100 Pferdest. | | | |
| 148 | 270 | 225 | 425 |
| pro 1 Pferdest. | | | |

Nun komme ich zu den Berechnungen des jährlichen Kostenaufwandes für Wasserkräfte.

Hierzu bedarf ich der Angaben über das Anlagecapital für den Motor und das erste Triebwerk, sowie über das Anlagecapital der Wasserkraftanlage.

Für das erstere Anlagecapital (für Motor und Triebwerk) nehme ich das Mittel einer Anzahl mir näher bekannter hierher passender Beispiele, welches beträgt: für 100 Pferdest. für Motor und Triebwerk 12 000 ℳ oder für 1 Pferdest. 120 ℳ.

Das zweite Anlagecapital (Wasserkraftanlage) beträgt pro Pferdestärke nicht für alle Localitäten gleich viel, sondern ist um so kleiner, je grösser die Kraft ist, weil die Bestandtheile der Wasserbauten für kleine und grosse Kräfte der Anzahl nach gleich sind, und nur der Umfang derselben im Verhältniss der Kraft grösser oder kleiner wird. Wenn es auch äusserst schwierig ist, über dieses zweite Anlagecapital bestimmte Normen aufzustellen, weil dasselbe oft von den verschiedensten Interessen und Localverhältnissen abhängig ist*), so habe ich doch, gestützt auf eine grosse Anzahl mir genau bekannter Wasserkräfte in der Schweiz, Deutschland, theilweise Italien und Oesterreich, welche sowol hinsichtlich der Verkehrsmittel als auch der Arbeitskräfte günstig gelegen sind, gefunden, dass die unten angesetzten Werthe für Wasserkräfte von verschiedenen Grössen als mittlere Preise pro 1 Pferdest. angesehen werden dürfen.**)

Ich theile die Wasserkräfte in zwei verschiedene Classen ein und verstehe unter:

1. Classe diejenigen Wasserkräfte, welche jährlich sicher nur 300 Tage zu 12 Arbeitsstunden vorhanden sind und auch nur für diese Zeit benutzt werden, und unter

*) Z. B. es kann einer Gemeinde passend erscheinen, und ist schon mehrmals dagewesen, dass eine solche einem Fabrikunternehmer nicht nur eine Wasserkraft schenkte, sondern ihm auch das gesammte Baumaterial für die Fabrikanlage unentgeltlich überliess, wie auch umgekehrt der Fall vorkommt, dass gut gelegene Wasserkräfte wegen Concurrenz um hohen Preis verkauft werden.

**) Selbstverständlich wird jeder Unternehmer die Wasserkraftanlage so billig ausführen als möglich, und sollen ihm die hier angegebenen Werthansätze hauptsächlich nur dazu dienen, um zu wissen, wie hoch er mit dem Anlagecapital gehen darf, um doch noch eine billige Betriebskraft zu haben.

2. Classe diejenigen Wasserkräfte, welche jährlich 300 Tage zu 24 Stunden vorhanden sind und für diese ganze Zeit benutzt werden.

Bei Wasserkräften ersterer Classe kann unter günstigen Umständen die Localität so beschaffen sein, dass durch Sammler das ganze Nachtwasser oder durch Stauung wenigstens ein Theil desselben für die Tagarbeit aufgespart werden kann. Eine solche Wasserkraft kann unter Umständen bis auf das Doppelte gesteigert werden.

Dass Wasserkräfte der zweiten Classe, welche Tag und Nacht arbeiten, in ihrem Werthe höher stehen, hauptsächlich für Gewerbe, welche einen ununterbrochenen Betrieb erfordern, ist selbstverständlich.

In folgender Aufstellung der Werthansätze pro 1 Pferdest. Wasserkraft für beide Classen Wasserkraft ist unter dem Werth von 1 Pferdest. verstanden:

a) Ankauf der Wasserkraftlocalität im rohen Zustande nebst dem nöthigen Grund und Boden für Anlage von Wehr, Zulaufcanal, Motorenkammer, Ablaufcanal u. s. w.

b) Kosten für die Anlage des Wehrs, der Falleneinrichtungen, des Zulaufcanals (eventuell auch Röhrenleitung bis zum Motor), der Motorenkammer mit Gebäude für Wasserrad oder Turbine, der Falleneinrichtungen mit Rechen, des Ablaufcanals u. s. w.

Werthansätze für Wasserkraft pro effective Pferdestärke (beim kleinsten Wasserstande vorhanden):

| Localitäten mit | Wasserkräfte I. Classe pro Pferdest. | Wasserkräfte II. Classe pro Pferdest. |
|---|---|---|
| | ℳ | ℳ |
| 100 bis 200 Pferdest. | 800 | 1000 |
| 50 „ 100 „ | 1000 | 1200 |
| 25 „ 50 „ | 1200 | 1400 |
| 12 „ 25 „ | 1400 | 1600 |
| 6 „ 12 „ | 1600 | 1800 |

Nach diesen Werthansätzen pro effective Pferdest. ergeben sich nun folgende Jahreskostenberechnungen über eine Wasserkraft von 100 Pferdest. effectiv, in welchen zur Tilgung des Anlagecapitals, der Wasserkraftanlage durch Annuitäten in einem Zeitraume von 20 Jahren jährlich 8 pCt. (5 pCt. Zins und 3 pCt. Abschreibung) angesetzt sind.

I. Für eine Wasserkraft I. Classe von 100 Pferdest. effectiv, also für eine Arbeitszeit von 1 Jahr zu 300 Tagen zu je 12 Stunden.

Bei dieser Jahreskostenberechnung beträgt der Werth pro Pferdestärke:

für die Wasserkraftanlage . . 1000 ℳ
für den Motor und Triebwerk 120 ℳ

demnach:

1) Vom Capital der Wasserkraftanlage von 100000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. . 5000 ℳ
2) Von dem gleichen Capital eine Jahresabschreibung von 3 pCt. . . . . . . 3000 „
3) Für die Unterhaltung der Wasserkraftanlage von dem gleichen Capital 2 pCt. . 2000 „
4) Vom Anlagecapital für Motor und Triebwerk von 12000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. . . . . . . . . . . . . . 600 „
5) Von dem gleichen Capital eine Jahresabschreibung von 5 pCt. . . . . . . 600 „
6) Für Bedienung des Motors, Regulirung der Fallen, Reinigung des Rechens, Oelen und Reinhalten des Motors und Triebwerkes u. s. w. 1 Mann, pro Tag 4 ℳ, macht pro Jahr . . . . . . . . . . . . . 1200 „
7) Für Oelung des Motors und Triebwerkes nebst kleinen Reparaturen u. s. w. pro Jahr . . . . . . . . . . . . . . 900 „

Totalauslagen pro Jahr . . . . . . . . . 13300 ℳ
für 100 Pferdest. oder für 1 Pferdest. 133 ℳ.

II. Für eine Wasserkraft II. Classe von 100 Pferdest. effectiv, also für eine Arbeitszeit von 1 Jahr zu 300 Tagen zu je 24 Stunden.

Bei dieser Jahreskostenberechnung beträgt der Werth pro Pferdestärke:

für die Wasserkraftanlage . . 1200 ℳ
für Motor und Triebwerk . . 120 ℳ

demnach:

1) Vom Capital der Wasserkraftanlage von 120000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. . 6000 ℳ
2) Von dem gleichen Capital eine Jahresabschreibung von 3 pCt. . . . . . . 3600 „
3) Für die Unterhaltung der Wasserkraftanlage von dem gleichen Capital 2 pCt. . 2400 „
4) Vom Anlagecapital für Motor und Triebwerk von 12000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. . . . . . . . . . . . . . 600 „
5) Von dem gleichen Capital eine Jahresabschreibung von 10 pCt. . . . . . . 1200 „
6) Für Bedienung des Motors wie oben aber doppelt . . . . . . . . . . . . . 2400 „
7) Für Oelung des Motors und Triebwerkes nebst kleinen Reparaturen u. s. w. pro Jahr . . . . . . . . . . . . . . 1800 „

Totalauslagen pro Jahr . . . . . . . . . 18000 ℳ
für 100 Pferdest. oder für 1 Pferdest. 180 ℳ.

Nach Ablauf des Zeitraums von 20 Jahren, bis zu welcher Zeit das Anlagecapital für die Wasserkraftanlage, wie oben angegeben, getilgt ist, ergeben sich dann noch folgende Jahreskostenberechnungen.

I. Für eine Wasserkraft I. Classe von 100 Pferdest. effectiv, also für eine Betriebszeit von 1 Jahr zu 300 Tagen zu je 12 Stunden.

1) und 2) fallen weg.

3) Vom Capital der Wasserkraftanlage von 100000 ℳ für die Unterhaltung 2 pCt. . 2000 ℳ
4) Vom Anlagecapital für Motor und Triebwerk von 12000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. . . . . . . . . . . . . . 600 „
5) Von dem gleichen Capital eine Jahresabschreibung von 5 pCt. . . . . . . 600 „
6) Für Bedienung des Motors, Regulirung der Fallen, Reinigung des Rechens, Oelen und Reinhalten des Motors und Triebwerkes u. s. w. 1 Mann, pro Tag 4 ℳ, macht pro Jahr . . . . . . . . . . 1200 „
7) Für Oelung des Motors und Triebwerkes, nebst kleineren Reparaturen pro Jahr . . 900 „

Totalauslagen pro Jahr . . . . . . . . 5300 ℳ
für 100 Pferdest. oder für 1 Pferdest. 53 ℳ.

II. Für eine Wasserkraftanlage II. Classe von 100 Pferdest. effectiv, also für eine Betriebszeit von 1 Jahr zu 300 Arbeitstagen zu je 24 Stunden.

1) und 2) fallen auch hier weg.
3) Vom Capital der Wasserkraftanlage von 120000 ℳ für die Unterhaltung 2 pCt. . 2400 ℳ
4) Vom Anlagecapital für Motor und Triebwerk von 12000 ℳ den Jahreszins von 5 pCt. . . . . . . . . . . . . . 600 „
5) Von demselben Capital eine Jahresabschreibung von 10 pCt. . . . . . . . . 1200 „
6) Für Bedienung des Motors wie oben, aber doppelt . . . . . . . . . . . . . 2400 „
7) Für Oelung des Motors und Triebwerkes nebst kleineren Reparaturen u. s. w. pro Jahr 1800 „

Totalauslagen pro Jahr . . . . . . . . 8400 ℳ
für 100 Pferdest. oder für 1 Pferdest. 84 ℳ.*)

Wird dagegen bei diesen Jahreskostenberechnungen keine Rücksicht genommen auf eine Abschreibung des Anlagecapitals für die Wasserkraft, in einem Zeitraume von 20 Jahren, so fallen aus obigen zwei Berechnungen nur die für eine Jahresabschreibung angesetzten 3 pCt. weg und die jährlichen Kosten pro 100 Pferdest. betragen demnach noch in:

Rechnung I . . . . 10300 ℳ
oder für 1 Pferdest. 103 „
Rechnung II . . . . 14400 „
oder für 1 Pferdest. 144 „

Zur besseren Uebersichtlichkeit setze ich auch hier noch die erhaltenen Resultate über die Jahreskosten pro Pferd Wasserkraft bei.

*) In diesen sämmtlichen Jahreskostenberechnungen über Dampfkraft und Wasserkraft sind für Oelung und kleinere Reparaturen die gleichen Ansätze angeführt, während in Wirklichkeit dieselben für Wasserkraft eher kleiner und für Dampfkraft eher grösser sein werden. Ebenso wurden die Kosten für grössere Reparaturen, als unregelmässig vorkommend und durch Unglücksfälle entstanden betrachtet, bei Wasserkraft wie bei Dampfkraft, als sich gegenseitig aufhebend, weggelassen. Solche Unfälle sind z. B. bei Dampfmaschinen: Kesselzerstörung, Cylinder-, Schwungrad- und Triebwerkbrüche, bei Wasserkraft: Zerstörung an Wehr und Canälen infolge von Elementarereignissen, Brüche am Motor und an dem Triebwerk.

| | täglich 12 Stunden | täglich 24 Stunden |
|---|---|---|
| Mit Abschreibung des Anlagecapitals für die Wasserkraftanlage . . . . . . . | 133 | 180 |
| Ohne do. do. | 103 | 144 |
| Nach geschehener Abschreibung do. do. | 53 | 84 |

Aus den Ansätzen in obigen Jahreskostenberechnungen lässt sich im Ferneren die interessante Rechnung anstellen über die Höhe der Summe, welche für eine Wasserkraftanlage von 100 Pferdest. ausgelegt werden darf, damit, ohne Rücksicht auf Abschreibung des Anlagecapitals, die jährlichen Kosten gleich hoch zu stehen kommen wie bei Dampfkraft.

Solche Rechnungen ergeben:

1) Gegenüber einer Dampfkraft in der Nähe der Kohlengruben (s. oben I. A.) für eine Arbeitszeit von 1 Jahr von 300 Tagen zu je 12 Stunden, darf für die Wasserkraftanlage von 100 Pferdest. ein Capital aufgewendet werden von . . . . . . . . 162870 ℳ,
oder für 1 Pferdest. . . . . . . . . . 1628 ℳ.

2) Gegenüber einer Dampfkraft in der Nähe der Kohlengruben (oben I. B.) für eine Arbeitszeit von 1 Jahr von 300 Tagen zu je 24 Stunden darf für eine Wasserkraftanlage von 100 Pferdest. ein Capital aufgewendet werden von . . . . . . . . 300000 ℳ,
oder für 1 Pferdest. . . . . . . . . . 3000 ℳ.

3) Gegenüber einer Dampfkraft in Württemberg (oben II. A.) für eine Arbeitszeit von 1 Jahr von 300 Tagen zu je 12 Stunden darf für die Wasserkraftanlage von 100 Pferdest. ein Capital aufgewendet werden von . . . . . . . . . . . . . 274200 ℳ,
oder für 1 Pferdest. . . . . . . . . . 2742 ℳ.

4) Gegenüber einer Dampfkraft in Württemberg (oben II. B.) für eine Arbeitszeit von 1 Jahr zu 300 Tagen zu je 24 Stunden darf für die Wasserkraftanlage von 100 Pferdest. ein Capital aufgewendet werden von . . . . . . . . . . . . . 520000 ℳ,
oder für 1 Pferdest. . . . . . . . . . 5200 ℳ.

Aus diesen sämmtlichen Jahreskostenberechnungen ist nun genau zu ersehen, um wie viel in jedem einzelnen Falle die Jahreskosten einer Wasserkraft billiger sind als diejenigen einer Dampfkraft bei einer Kraft von 100 Pferden.

Dass bei kleineren Motoren d. h. bei kleineren Dampf- und Wasserkräften die Resultate zu Gunsten der Wasserkraft eher noch günstiger ausfallen, wäre leicht nachzuweisen, weil bekanntlich bei kleineren Dampfmaschinen der Kohlenverbrauch pro Pferdestärke grösser ist als bei grösseren und auch die Kosten für Bedienung der Dampfmaschine und des Kessels verhältnissmässig höher zu stehen kommen, während bei kleinen Wasserkräften die Werthansätze pro Pferdestärke nicht im gleichen Verhältniss höher angenommen werden müssen (s. oben S. 440).

Als praktischer Beweis, dass die Besitzer von verschiedenartigen Fabrikanlagen, selbst in den Gegenden, wo die Kohlen am billigsten sind, schon in früheren Zeiten und heute noch als Betriebskraft der Wasserkraft vor der Dampfkraft den Vorzug gaben, kann die Thatsache dienen, dass auch dort überall, oft mit grossem Kostenaufwande, vorhandene Wasserkräfte nutzbar gemacht werden. Ich habe schon vor 30 Jahren und nachher noch öfter eine grössere Anzahl Wassermotoren für Gegenden, wo die Kohlen am billigsten sind, gebaut. Ebenso weiss ich aus eigenen Beobachtungen und nach eingeholten Erkundigungen, dass es schwer halten dürfte, in England und Schottland unbenutzte Wasserkräfte, auch selbst wenn solche ungünstiger gelegen sind, aufzufinden.

Es ist möglich, dass der eine oder der andere der anwesenden Herren, welcher meinem Vortrage mit Aufmerksamkeit gefolgt, zu der Meinung gelangt ist, dass ich für die Verwendung von Wasserkraft persönlich mehr eingenommen sei als für die Verwendung von Dampfkraft. Wenn ich dies auch bedingungsweise zugebe, so glaube ich doch durch die mittelst der verschiedenen Jahreskostenberechnungen über Wasserkraft und Dampfkraft nachgewiesenen Resultate dazu berechtigt zu sein, um so mehr, als ich die Versicherung beisetzen kann, dass ich in allen meinen Berechnungen nach bestem Wissen und Gewissen an der Wahrheit festgehalten habe.

Im Weiteren erkläre ich, dass ich der Dampfkraft nicht nur nicht abgeneigt bin, sondern dass ich dieselbe für eine sehr werthvolle, nützliche und in vielen Fällen als eine ganz unentbehrliche Kraft ansehe, und spreche ich deshalb ohne Rückhalt den grossen Fortschritten im Dampfmaschinenbau in den letzten 10 Jahren meine vollste Anerkennung aus.

Zur Unterstützung dieser meiner Anschauung über Dampfkraft will ich doch noch versuchen, speciell aufzuführen, in welchen Fällen ich selbst der Anwendung von Dampfkraft den Vorzug vor Wasserkraft gebe, und lasse diejenigen Fälle, bei welchen die Dampfkraft nach heutigem Stande der Technik fast unentbehrlich ist und nicht in Vergleich mit Wasserkraft kommen kann, bei Seite (z. B. unbedingt bei Dampfschiffen und Eisenbahnen und transportablen Kräften; bedingungsweise mit Locomobile).

1) Bei allen Feuerungsanlagen (Eisen- und Metallwerke u. s. w.), bei welchen mit den abgehenden Gasen ohne rückwirkenden Schaden Dampf für Dampfkraft erzeugt werden kann.

2) Bei allen Localitäten und Gewerben, wo ein geringes oder ganz werthloses Brennmaterial zur Verfügung steht (z. B. Sägemühlen, Gerbereien u. s. w.).

3) In allen Fällen, wo der von der Hochdruckdampfmaschine mit 1 bis 2 Atm. Spannung abgehende Dampf volle Verwendung findet und ohne Benutzung für die Dampfmaschine besonders erzeugt werden müsste, wie bei Heizungsanlagen, Papiermaschinen, Färbereien, Druckereien u. s. w.

4) In Fällen und für Gegenden, wo billige Arbeitskräfte, aber keine Wasserkräfte vorhanden sind; für alle Arten von Gewerben, bei welchen auf eine Pferdestärke

Betriebskraft vier und mehr Arbeiter beschäftigt werden, weil in solchen Fällen durch die Ersparniss an Arbeitslöhnen für wenigstens eine Reihe von Jahren die Kosten der Dampfkraft vollständig gedeckt werden können.

Ferner hat die Anwendung von Dampfkraft eine gewisse Berechtigung, aber nur in gewissen Grenzen, zur Unterstützung oder Vermehrung einer Wasserkraft, welche beim kleinsten Wasser zum Betriebe der Fabrik nicht ausreicht, sei es in Fällen, wo die Fabrik für die Wasserkraft zu gross angelegt wurde, oder dass eine alte Fabrikanlage, um lebensfähig zu bleiben, vergrössert werden musste. Jede Fabrikanlage hat eine gewisse Maximalgrösse für die grösste Rentabilität und eine Minimalgrösse für ihre Lebensfähigkeit. In früheren Zeiten, vor 30 und mehr Jahren, besonders beim Beginne der Periode, als die Grossindustrie den Anfang nahm, die Dampfkraft noch sehr unvollkommen und daher kostspielig war, wurden meistens nur kleinere Fabriken an kleinen veränderlichen Wassern errichtet. Um sicher zu sein, das ganze Jahr genügende Betriebskraft zu haben bezw. volle Production für eine Arbeitszeit von 12 Stunden pro Tag einhalten zu können, wurde die Grösse der Fabrikanlage auf das Doppelte der kleinsten Wassermenge angenommen; auf diese Weise konnte bei vorkommenden kleinen Wasserständen durch Nachtarbeit nachgeholfen werden. Bei hunderten von Beispielen ergab sich hier die eigenthümliche Erscheinung, dass von 100 in 90 Fällen im Durchschnitt von 10 Jahren jährlich 9 Monate lang die volle Betriebskraft vorhanden war und also jährlich nur 3 Monate lang mehr oder weniger mit Nachtarbeit nachgeholfen werden musste.

In späteren Zeiten, vor etwa 15 Jahren, als die Dampfkraft durch bessere Maschinen und Kessel günstigere Resultate ergab, und in vielen Gegenden die Nachtarbeit für gewisse Gewerbe verboten wurde, wurden dann häufig Dampfmaschinen als Hilfsmotoren aufgestellt; z. B. bei einer Fabrikanlage mit 50 Pferden Betriebskraft, bei welcher bei kleinstem Wasserstande noch 25 Pferdest. vorhanden waren, wurde eine Hilfsdampfmaschine von 25 Pferdest. aufgestellt, welche jährlich 3 Monate lang mit einer veränderlichen Kraft von 0 bis 25 Pferdest. oder jährlich 3 Monate lang mit einer mittleren Kraft von 12,5 Pferdest. in Thätigkeit war.

In guten Zeiten, in welchen die Fabriken viel verdienten, machten häufig rationelle Fabrikanten, welche geneigt waren, ihre Fabrikanlage zu vergrössern oder ältere Maschinen durch neue mehr leistende, aber auch mehr Kraft erfordernde zu ersetzen, die Beobachtung, dass bei ihrem Wasserwerke jährlich noch viele Monate unbenutztes Wasser vorhanden war. Die Versuchung lag also nahe, durch Benutzung einer grösseren Mittelwassermenge die Betriebskraft zu vermehren und den Mangel an Kraft zu Zeiten kleiner Wasserstände durch eine zweite Dampfmaschine oder durch eine grössere zu ersetzen. Auch hier ergab sich bei einer grossen Anzahl von Beispielen die interessante Erscheinung, dass im Mittel von 10 Jahren die alljährlich 6 Monate lang vorhandene Wassermenge das Vierfache der kleinsten Wassermenge betrug oder das Doppelte der Mittelmassermenge (9 Monate vorhanden). Z. B. bei einer Localität, bei welcher beim kleinsten Wasserstande diese Wasserkraft 25 Pferdest. beträgt, beträgt dieselbe jährlich 9 Monate lang 50 Pferdest. und 6 Monate lang 100 Pferdest.

Bei diesem Beispiele bedarf es daher einer Hilfsdampfmaschine von 75 Pferdest., welche jährlich mit einer mittleren Kraft von 50 Pferdest. 6 Monate lang arbeiten muss, um das ganze Jahr eine Betriebskraft von 100 Pferdest. zu haben.

Je nach der Oertlichkeit der Fabrikanlage, der schon abgeschriebenen Gebäude und Maschinen, der Höhe des Preises, des zur Verfügung stehenden Brennmaterials u. s. w. muss jeder Fabrikant berechnen können, bei welcher Grösse ihm eine Hilfsdampfmaschine noch vortheilhaft wird. Immerhin möchte ich die in diesem Beispiel angenommene Grösse einer Hilfsdampfmaschine als äusserste Grenze der Zulässigkeit bezeichnen.

In vielen Fällen bei schon vorhandenen Fabrikanlagen wurde allerdings, wo es irgendwie möglich war, die Wasserkraft selbst durch grossen Kostenaufwand vermehrt; z. B. durch Vermehrung des Gefälles, der Wassermenge, durch Anlegung von Sammlern, besonders bei hohem Gefälle und kleiner Wassermenge, durch Ankauf von den in der Nähe liegenden Wasserkraftlocalitäten u. s. w. Dies geschah auch dann noch, wenn die Anlagekosten so gross wurden, dass die jährlichen Kosten pro Pferdestärke höher zu stehen kommen als pro Pferdestärke Dampfkraft, weil, wie oben näher angegeben, den Fabrikanten es möglich wurde, dieses grosse Anlagecapital nach und nach abzuschreiben.

Nebst allem diesen, was ich über die Berechtigung der Anwendung der Dampfkraft gegenüber der Wasserkraft gesagt habe, erscheint mir, dass es die Hauptaufgabe aller Dampfmaschinenbauer sein sollte, statt für neue Fabrikanlagen Dampfkraft als vorzüglicher als Wasserkraft zu empfehlen, die Besitzer der noch heute vorhandenen grossen Anzahl ungünstiger Dampfkesselanlagen (wol über 70 pCt.) zu bewegen, ihre ungünstigen Anlagen durch günstige zu ersetzen, was in den meisten Fällen nicht allzuschwer fallen sollte durch Beibringung des Beweises, dass durch die dadurch erreichten Ersparnisse das Anlagecapital in wenigen Jahren ersetzt werden kann.

Bevor ich schliesse, kann ich nicht unterlassen, meine grosse Verwunderung noch auszusprechen über die Thatsache, dass in Süddeutschland und speciell auch in Württemberg im ganzen Lande herum noch viel Wasserkräfte schlecht benutzt werden (mit Wasserrädern von Abrahams Zeiten her) und eine grosse Menge gut gelegener Wasserkräfte zusammen mit hunderten von Pferdestärken noch roh und ganz unbenutzt liegt, während auf kurze Entfernungen Gewerbe mit der theuren Dampfkraft betrieben werden.

Wenn ich auch zugebe, dass Verlegung von Fabrikanlagen ihre grossen Schwierigkeiten hat, so sollte man doch glauben, dass ..., wie es anderwärts z. B. in der

Schweiz, in England u. s. w. auch geschieht, mehr in der Rechnung liegen sollte, Fabrikanlagen in ihrer zur Wasserkraft passenden Grösse zu belassen und, statt eine Vergrösserung durch Dampfkraft zu ermöglichen, eine neue Fabrikanlage an einer noch unbenutzten Wasserkraft anzulegen. Dass dies auf einer richtigen Berechnung beruhen muss, beweist der Umstaud, dass in der Schweiz viele Fabrikanten entfernt von einander gelegene Fabriken besitzen; z. B. der Besitzer der grössten Anzahl Baumwollspindeln hat seine Hunderttausende von Spindeln in etwa zehn Fabriken vertheilt und bei allen nur Wasserkraft angewendet, uud würde derselbe sich heute noch zehnmal bekreuzen, ehe er zur Anwendung von Hilfsdampfmaschinen überginge.

Wie ich die Herren Fabrikanten in Württemberg seit 35 Jahren näher kennen gelernt habe, ist nach meinem Dafürhalten diese eigenthümliche Erscheinung, dass in Württemberg so viele Wasserkräfte unbenutzt sind und dagegen die theuren Dampfkräfte so häufig benutzt werden, dem etwas mehr als nothwendig gemüthlichen Charakter des Schwaben zuzuschreiben, welcher nur mit schwerem Herzen seine Heimath ändert, auch selbst, wenn die neue nur wenige Stunden von der alten entfernt läge. Er bleibt eben in dem festen Glauben an sein altes Sprichwort: „Hannesli gang mer net über Duslinga naus!“ so lange hängen, bis ihn die Noth zum Besseren zwingt.

Wenn es mir nun mit meinem Vortrage gelungen ist, die Mehrheit der Anwesenden und durch Veröffentlichung desselben in unserem Organ eine grössere Anzahl Mitglieder des Vereines deutscher Ingenieure zu überzeugen, dass in allen Fällen mit Ausnahme derjenigen, welche ich besonders angegeben habe, eine Wasserkraft billiger ist als eine Dampfkraft, und zwar auch dann noch, wenn die Jahreskosten pro Pferdestärke so hoch zu stehen kommen wie bei einer Dampfkraft, so fühle ich mich für meine Bemühungen vollständig entschädigt.

Kommt durch Zusammenwirken Aller diese Ueberzeugung zur allgemeinen Geltung, so werden dann wol die noch unbenutzten und schlecht benutzten Wasserkräfte nach und nach zur Verwerthung kommen, wodurch eine grosse Menge Kohlen zum Vortheil anderer Gewerbe, welche solche nothwendig bedürfen, erspart wird.

Sollten in meinen Berechnungen und Angaben irgendwo Fehler oder Unrichtigkeiten vorkommen, so bin ich für diesfältige Correcturen und Belehrungen sehr dankbar.

# Wärmetheoretische Studien.

Von **Cl. Frhr. v. Bechtolsheim**, Ingenieur in München.

(Vorgetragen in der Versammlung des Bayerischen Bezirksvereines vom 28. März 1879.)

Die Wärmekraftmaschinen sind unter sämmtlichen Maschinen nicht nur die interessantesten, sondern auch die wichtigsten. Es ist deshalb natürlich, dass, nachdem J a m e s Watt die erste tüchtige Maschine dieser Gattung aufgestellt hatte, sich die hervorragendsten Ingenieure mit der Verbesserung derselben befassten. Man suchte die Dampfmaschine nicht nur als solche zu verbessern, indem man Dampfmäntel einführte, die Steuerung verbesserte u. s. w., sondern man versuchte auch, den Wasserdampf durch andere motorische Körper zu ersetzen, und auf diese Weise der Wärmekraftmaschine gewissermassen eine neue Seele zu geben. Man pflegte dabei auf die Natur des motorischen Körpers grosses Gewicht zu legen, indem man besonders die grosse Verdampfungswärme des Wassers für schädlich hielt. — Irrthümlicher Weise, wie sich im Laufe dieser Erörterungen zeigen wird.

Ehe ich jedoch auf das eigentliche Thema eingehe, halte ich es für nöthig, einige allgemeine Mittheilungen über wärmetheoretische Untersuchungen vorauszuschicken, um ein allgemeineres Verständniss zu ermöglichen.

Liegt dem Wärmetheoretiker das Diagramm einer Maschine vor, gleichgiltig ob Dampf-, Luft- oder sonstigen Wärmekraftmaschine, so pflegt er sich dasselbe in Lamellen zu zerlegen oder zerlegt zu denken (Fig. 1), welche durch Adiabaten gebildet werden. Die Adiabate ist diejenige Curve, welche angiebt, in welcher Weise sich Druck (Ordinate) und Volumen (Abscisse) ändern, wenn dem Körper während seiner Compression oder Expansion weder Wärme zugeführt noch entzogen wird, z. B. die Expansionscurve einer Dampfmaschine vom Momente des vollständigen Dampfabschlusses an.

Fig. 1

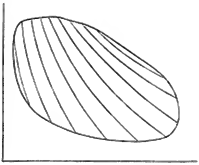


Fig. 2




Es sei in Fig. 2 die Fläche $\overline{12}$ eine solche Lamelle, dann wird dem Körper, während er $\overline{bc}$ und $\overline{da}$ durchläuft, keine Wärme zugeführt noch solche entzogen: die Wärmezuführung und Entziehung kann also nur bei $\overline{ab}$ und $\overline{cd}$ erfolgen. Denken wir uns die Lamellen unendlich schmal, so können wir annehmen, dass bei $a$

und $b$ ebenso bei $c$ und $d$ die Temperatur dieselbe sei, sie ist bei $a$ und $b$ gleich $T_1 = t_1 + 273$ und bei $c$ und $d$, $T_2 = t_2 + 273$.

Ist die dem Körper bei $\overline{ab}$ zugeführte unendlich kleine Wärmemenge $dQ$ und die durch den Flächeninhalt der Lamelle repräsentirte mechanische Arbeit $dL$, so giebt uns die mechanische Wärmetheorie den Satz:

$$A\,dL = \frac{T_1 - T_2}{T_1}\,dQ,$$

worin $A = {}^1/_{424}$ zu setzen ist.

Man sieht, dass der motorische Körper selbst, der ja in der Formel nicht vorkommt, auf die geleistete Arbeit direct keinerlei Einfluss hat, sondern dass das Verhältniss der geleisteten Arbeit zur aufgewendeten Wärme lediglich von den Temperaturen abhängt, bei welchen dem Körper Wärme zugeführt oder entzogen wird.

Ist nun der Process, den das Diagramm einer Maschine darstellt, so geartet, dass sämmtliche Wärme dem Körper bei gleicher Temperatur zugeführt und bei gleicher Temperatur entzogen wird, so gestaltet sich die Integration sämmtlicher Lamellen sehr einfach:

$$A\,L = \frac{T_1 - T_2}{T_1}\,Q.$$

In vielen Fällen, wo nur eine approximative Schätzung erfordert wird, genügt diese Gleichung, in complicirteren Fällen aber ist die Integration nicht so leicht, weshalb es angezeigt erscheint, ein graphisches Verfahren dieser Integration mitzutheilen.

Es werde bei einem Kreisprocesse

| die Wärme | bei der (absoluten) Temperatur |
|---|---|
| $Q_1$ | $T_1$ |
| $Q_3$ | $T_3$ |
| $Q_5$ | $T_5$ dem mot. Körper zugeführt |
| und $Q_2$ | $T_2$ |
| $Q_4$ | $T_4$ entzogen. |

(Die mit ungeradem Index versehenen $Q$ zugeführt, mit geradem versehenen entzogen.)

Man trage in Fig. 3 auf der Ordinate $T_1$ unter dem absoluten Nullpunkt die Wärme $Q_1$ auf, verbinde den linksseitigen Endpunkt von $Q_1$ mit dem absoluten Nullpunkt durch einen Strahl. Vom Schnittpunkte dieses Strahles mit der Ordinate $T_3$ trage man $Q_3$ nach links hin auf, ziehe wieder einen Strahl vom Endpunkte von $Q_3$ und verfahre ebenso mit $Q_5$, $Q_2$ und $Q_4$. Da die beiden letztgenannten $Q$ aber entzogen werden, haben sie einen negativen Werth, werden also nach rechts aufgetragen.

Bei jedem Kreisprocesse, wie ihn ja jedes Diagramm einer Maschine darstellt, wird es sich zeigen, dass der Endpunkt von $Q_4$ und der Anfangspunkt von $Q_1$ auf demselben Strahle liegen.

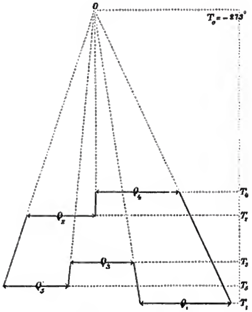
Die Wärmen und die sie einschliessenden Strahlen bilden eine geschlossene Figur.

Die von dem motorischen Körper geleistete mechanische Arbeit ist

$$A\,L = \Sigma\,Q = Q_1 + Q_3 + Q_5 - Q_2 - Q_4.$$



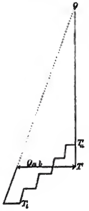
Fig. 3




Den Richtigkeitsbeweis für das Verfahren bildet die Ueberlegung, dass $\int \frac{dQ}{T} = 0$ wird, bekanntermassen das Kriterium für jeden Kreisprocess.

Es kommt nun häufig vor, das eine Wärmemenge $Q_{ab}$ nicht bei einer bestimmten Temperatur dem motorischen Körper übertragen oder entzogen wird, sondern gradatim zwischen zwei Temperaturen $T_a$ und $T_b$ z. B. bei der Erwärmung von Flüssigkeiten. Das würde sich in der Figur etwa durch treppenartige Absätze ausdrücken lassen, wäre aber sehr unpraktisch. Wir suchen deshalb in Fig. 4 eine Temperatur $T$, welche die Eigenschaft besitzt, dass $Q_{ab}$ bei $T$ aufgetragen dieselben Strahlen erzeugt, als wenn es in einer derartigen Treppe mit sehr kleinen Staffeln aufgetragen würde. Wir erhalten diese Temperatur aus der Gleichung

Fig. 4




$$T = \frac{T_a - T_b}{\ln \frac{T_a}{T_b}}.$$

$T$ ist nahezu gleich dem arithmetischen Mittel von $T_a$ und $T_b$, doch ist es stets etwas kleiner. Machen wir $T$ für je 25° Temperaturdifferenz von $T_a$ und $T_b$ um 1° kleiner als $\frac{T_a + T_b}{2}$, so verschwindet der Fehler fast ganz. Wir können dies etwa ausdrücken durch die Gleichung:

$$T = \frac{T_a + T_b}{2} - \frac{T_a - T_b}{25}.$$

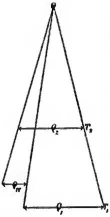
Diese graphische Behandlung des Kreisprocesses oder des Diagramms einer Maschine gestattet stets die Ermittelung einer Unbekannten, wenn die übrigen Grössen gegeben sind. Es lassen sich mit derselben

sogar scheinbar schwierige Probleme ohne Mühe lösen, wie ich später an einem Beispiele zeigen werde. —

### Ideale Maschine für gegebene Temperaturgrenzen.

Legen wir uns nun das Ziel klar vor Augen, welches eine Wärmekraftmaschine verfolgt, so besteht es doch darin, aus einem gegebenen Brennmaterial möglichst viel mechanische Arbeit zu erhalten. Da wir nun bei vielen Wärmekraftmaschinen finden, dass die Temperaturintervalle $T_1$ und $T_2$, zwischen denen wir arbeiten müssen, gegeben sind, so interessirt uns zunächst die Frage: „Bei welchen Temperaturen muss die Wärme zugeführt und entzogen werden, wenn diese oberste in der Maschine mögliche Temperatur $T_1$ und die unterste $T_2$ ist? Wir erhalten offenbar ein Maximum der mechanischen Arbeit, wenn wir die ganze Wärmeentziehung bei der untersten Temperatur vornehmen und möglichst viel Wärme bei der höchsten in der Maschine vorkommenden Temperatur $T_1$ zuführen. Diese Wärme sei $Q_1$ (Fig. 5) und ist offenbar gleich der Wärmemenge, welche die Heizgase durch ihre Erkaltung auf $(T_1+t_d)^0$ an Wärme verlieren. Hierbei ist $t_d$ eine zum Wärmeübergang von den Heizgasen an den motorischen Körper nöthige Temperaturdifferenz. Je grösser die Heizflächen, desto kleiner ist $t_d$. Bezeichnet man mit $G$ das Gewicht, $c$ die specifische Wärme und endlich $T_b$ die Verbrennungstemperatur der Heizgase, so wird

Fig. 5




$$Q_1 = Gc\,(T_b - T_1 - t_d).$$

Es ist nicht möglich, dem motorischen Körper bei der Temperatur $T_1$ mehr Wärme zuzuführen als die oben berechnete; wohl aber ist es möglich, demselben bei $(T_1-1)^0$, $(T_1-2)^0$, $(T_1-3)^0$ bis $T_2$ noch je die Wärme $Gc$ zuzuführen, indem dann die Heizgase nach dem Principe des Gegenstromes ihre Wärme abgeben und nur mehr mit der Temperatur $(T_2+t_d)$ in die Esse treten. Wir werden dann dem motorischen Körper allmälig zwischen den Temperaturen $T_1$ und $T_2$ die Wärmemenge $Q_{12} = Gc\,(T_1-T_2)$ zugeführt haben.

In der Praxis hat dieses System in den Vorwärmern schon Anwendung gefunden; theoretisch aber pflegte man es für einen Fehler der Dampfmaschinen zu halten, dass die sogenannte Flüssigkeitswärme nicht bei der höchsten in der Maschine vorkommenden Temperatur dem motorischen Körper zugeführt wird.

Ich nenne die Maschine, welche die Wärme in der angeführten Weise an den motorischen Körper überträgt, „die ideale Maschine für gegebene Temperaturgrenzen.“ Ich füge ausdrücklich die letzteren Worte „für gegebene Temperaturgrenzen“ hinzu, weil es leicht möglich ist, dass eine andere Maschine noch diese ideale übertrifft, wenn sie weitere Temperaturgrenzen gestattet. Das Hauptaugenmerk ist immer darauf zu richten, dass jede einzelne Calorie möglichst weite Temperaturgrenzen $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ erhalte.

(Schluss folgt.)

## Flaschenzug mit E. Brauer's patentirten Hemmrädern.

Construirt und mitgetheilt von **E. Becker** in Berlin.

(Hierzu Tafel XX.)

Bei allen Windeapparaten, welche so construirt sind, dass die Last in der angehobenen Stellung stehen bleibt, wenn die Kraftwirkung zur Hebung aufhört, geschieht diese Selbsthemmung entweder durch Reibung in den übertragenden Maschinentheilen oder durch Sperrung.

Soll die Selbsthemmung durch Reibung geschehen, so muss die Arbeit, welche die Reibung der abwärts gehenden Winde consumirt, grösser sein als die hierbei verrichtete Arbeit der niedersinkenden Last. Ist nun beim Aufwärtsgange und beim Abwärtsgange die Reibungsarbeit gleich gross, so muss ein grösserer Theil der im Ganzen aufgewendeten Arbeit zur Ueberwindung der schädlichen Widerstände verwendet werden als zur Verrichtung der nutzbaren Arbeit, mithin muss der Wirkungsgrad des Hebezeuges kleiner als $1/2$ sein.

Die Schwierigkeit, die Reibungscoefficienten richtig zu taxiren, sowie deren Abhängigkeit von der Schmierung, machen es nöthig, für die Selbsthemmung eine gewisse Sicherheit anzuwenden, d. h. den Wirkungsgrad des Hebezeuges noch erheblich kleiner als $1/2$ zu machen, damit nicht etwa bei vorzüglicher Schmierung die Last ablaufen kann. Auf diesem Principe beruht die Construction der selbsthemmenden weit verbreiteten Flaschenzüge von **Weston**, **Moore**, **Eade**, **Pickering**, sowie aller Züge oder Winden mit Schneckenbetrieb.

Der niedrige Wirkungsgrad dieser Apparate ist somit im Constructionsprincipe begründet, also ein unvermeidliches Uebel.

Diesem Uebelstande ist zu begegnen, wenn

1) die Construction so gewählt ist, dass die Reibung in dem Windeapparate beim Aufgange der Last kleiner ist als bei ihrem Niedergange; doch erscheinen hierfür die Constructionen noch nicht genügend durchgebildet zu sein, wennschon das Patent **Blauel** (D. R.-P. No. 3647) wohl eine Gewähr dafür bietet, dass das Princip in der Praxis mit leichten Mitteln und sicher auszubilden ist.

2) Durch Sperrung; Sperrräder und Sperrklinken sind aber nur bei Winden möglich, welche direct durch die Hand des Arbeiters bedient werden, es ist nicht thunlich, dies Princip auf Züge anzuwenden, bei denen die Hand des Arbeiters nicht direct den Windeapparat erreichen kann.

Eine selbstthätige Hemmung durch Sperrung wird aber auch für Flaschenzüge durch E. Brauer's patentirte Hemmräder ermöglicht.

Zur Erläuterung der Hemmräder schliesse ich mich an Mittheilungen von Hrn. Brauer an. Die Räder sind dargestellt in den Fig. 1 bis 3, Taf. XX, während die Fig. 4, 5 und 6 in $^1/_5$ der natürlichen Grösse den auf denselben beruhenden Flaschenzug in zwei Schnitten und Oberansicht zeigen.

Fig. 1 giebt drei Zähne eines Rades von 26 Zähnen in natürlicher Grösse im Eingriff mit einem Getriebe von 4 Zähnen. Treibt das vierzähnige Rad gleichförmig im Sinne des eingezeichneten Pfeiles, so wird das 26zähnige zunächst ebenfalls mit gleichförmiger Geschwindigkeit vorwärts bewegt. Beide Räder durchlaufen die Stellung Fig. 2 noch immer unter normalem Eingriff bis zu dem Momente, wo der Punkt *a* zum Eingriff kommt. In diesem Momente würde bei vollständig normalen Zahnrädern der Eingriff zwischen den Zähnen 1 und I aufhören und von dem nachfolgenden Paar 2 und II übernommen werden. Bei den Hemmrädern geschieht dies jedoch nicht, sondern der Punkt *a* bleibt mit der Flanke des Zahnes I noch länger in Berührung und gleitet an derselben entlang, indem beide Räder sich weiter drehen, aber nicht mehr mit constantem Geschwindigkeitsverhältniss. Den Kopf desselben erreicht der Punkt *a* aber nicht vollständig, denn bereits in dem Augenblick, in welchem *a* mit *b* in Berührung kommt, hat der Zahn I die Position Fig. 3 eingenommen, in welcher sich der Zahn 1, ohne das 26zähnige Rad weiter zu drehen, mit seinem Kopf unter demselben entlang bewegen kann.

Sowie der Kopfkreis des Zahnes 1 mit der Flanke des Zahnes I in Berührung getreten ist, kann der zwischen den beiden Zähnen vorhandene Normaldruck eine Drehung des vierzähnigen Rades nicht mehr veranlassen, da die Druckrichtung durch dessen Mittelpunkt geht, ihr Moment also Null ist. Der Zahn 1 befindet sich also jetzt in der Rolle einer Sperrklinke, während der Zahn I Sperrzahn geworden ist. Dieser Zustand dauert so lange, bis der Zahn 2 den Zahn II trifft, unter Ausübung eines kleinen Stosses das grosse Rad mit der normalen Geschwindigkeit vorwärts bewegt, und das geschilderte Spiel sich von neuem wiederholt. Dieser Vorgang würde nicht möglich sein, wenn die beiden Räder gleiche Theilung hätten. In der That hat denn auch das vierzähnige Rad 25, das grosse 20$^{mm}$ Theilung, und hierin allein liegt das Wesentliche der ganzen Construction. Aus der bisherigen Schilderung wird bereits klar geworden sein, dass die Räder sich nicht mit constantem Geschwindigkeitsverhältniss bewegen, also eine Bedingung verletzen, welche man in der Regel für alle Zahnräder zu stellen pflegt. Bei grossen Geschwindigkeiten würden die Räder auch wirklich hierdurch unbrauchbar; bei den geringen für Handhebezeuge gebräuchlichen Geschwindigkeiten ist aber diese Ungleichförmigkeit ohne jeden Nachtheil, und selbst die vorkommenden Stösse sind, wie der praktische Erfolg gelehrt hat, unbedenklich.

Man kann bei diesen Rädern von Theilkreisen, welche fortwährend auf einander rollen, nicht mehr sprechen, da in denjenigen Kreisen, welche während des grössten Theils der Bewegung auf einander rollen, während der Hemmperiode ein theilweises Gleiten stattfindet. Trotzdem sind aber Linien vorhanden, welche wirklich auf einander rollen und deshalb als Analogen zu den Theilkreisen zu betrachten sind. Diese Linien (Polbahnen) sind in den Fig. 1 bis 3 punktirt eingezeichnet und setzen sich aus geraden, kreisförmigen und kurvenförmigen Theilen zusammen. In welcher Weise das Abrollen derselben auf einander vor sich geht, ist aus den Figuren leicht zu verfolgen; namentlich zeigt Fig. 3, dass während der Hemmperiode eine Spitze der Polbahn des grossen Rades in den Mittelpunkt des kleinen Rades fällt. In dem Augenblicke, wo der Zahn 2 den Zahn II trifft, springt plötzlich die Berührung der Polbahnen von *c* nach *d*, die gleichen Bogen *de* und *df* wälzen auf einander ab, und endlich rollt *ec* auf *fg* unter allmäliger Verzögerung des grossen Rades bis zu einer neuen Hemmposition. Die Aufsuchung dieser Polbahnen, die Hr. Brauer auf kinematischem Wege dargestellt hat, hat namentlich den praktischen Nutzen, uns zu überzeugen, dass oder ob die der Construction zu Grunde gelegten unterbrochenen Rollkreise das kleinste Hebelverhältniss angeben, welches bei der Bewegung vorkommt und nach welchem sich die Maximalzugkraft richten muss. In der That ist *dc* der grösste Hebelsarm des vierzähnigen Rades, während also die Curve *ed* auf *fg* abrollt, ist die nöthige Zugkraft kleiner und wird während der Hemmperiode theoretisch gleich Null. Das Verhältniss der Zähnezahlen bestimmt hier nur das Verhältniss der ganzen Umdrehungen und ist von dem für die Momente massgebenden Verhältnisse der Rollkreise verschieden.

Die Anordnung des Flaschenzuges selbst, welcher in der hier wiedergegebenen Construction für 500$^k$ Maximallast bestimmt ist, dürfte aus den Zeichnungen verständlich sein. Die Hand des Arbeiters wirkt durch die Kette *h*, und das Schakenrad *i* zunächst auf die Vorgelegewelle *k*, welche das Hemmrad *l* trägt. Dieses greift in das Rad *m* ein, welches mit dem Schakenrad *n* für die Lastkette *o* auf einer Welle *p* befestigt ist. Durch den Zug an der Kette *h* wird somit die Last gehoben. Läst man hierauf die Zugkette los, so gehen die Räder bis auf die nächste Hemmposition, d. h. weniger als eine volle Theilung zurück und dann steht die Last still.

Hierbei ist noch eines wichtigen Umstandes zu erwähnen, durch welchen der Vorgang zum Vortheil der Construction etwas abgeändert wird.

Das Schakenrad *i* ist im Stande, schon während der Drehung um einen kleinen Winkel eine lebendige Kraft in sich aufzunehmen, welche genügt, um die während der Hemmposition stattfindende Reibung zu überwinden. Hieraus folgt das Verfahren beim Nieder-

lassen der Last, welches darin besteht, dass, nachdem letztere in einer Hemmposition zur Ruhe gekommen ist, die Zugkette etwa um den, einer viertel oder halben Theiluug des Hemmrades entsprechenden Weg im Sinne der Hebung der Last angezogen wird, worauf man die Hand schnell ein wenig öffnet und nun die Haspelkette ruhig durch dieselbe gleiten lässt.

Der den Flaschenzug bedienende Arbeiter hat also immer nur an einem und demselben Trum der Zugkette zu hantiren, d. h. aufwärts zu ziehen, abwärts gelinde zu bremsen, nachdem er die Hemmung aufgehoben hat.

Daraus, dass der Flaschenzug beim Abwärtsgange noch gebremst werden muss, zeigt sich bereits sein grosser Wirkungsgrad. Durch directe Messung in der Versuchsanstalt der königl. technischen Hochschule in Berlin ergab sich für den 500$^k$-Flaschenzug ein Wirkungsgrad von 0,$_{67}$, also mehr als das Doppelte eines Differential-Flaschenzuges. Dass hierdurch eine wesentliche Beschleunigung bei Bauten oder ähnlichen Arbeiten möglich ist, liegt auf der Hand.

Dem Differential-Flaschenzuge gegenüber hat der vorliegende noch den Vortheil, dass die Kette der Last nicht den grossen, Abnutzung erzeugenden Weg der Kraft zu machen hat, wodurch bei jenem sehr schnell eine Veränderung der Kettentheilung entsteht, was das Ausspringen der Kette aus den Rollen zu veranlassen pflegt.

Hinsichtlich der Ausführung ist noch zu erwähnen, dass das Gehäuse aus Gusseisen, alle beweglichen Theile aber, z. B. auch die Zahnräder aus Stahl hergestellt sind. Die Belastungspunkte des Gehäuses sind so gewählt, dass dasselbe stets vertical hängt. Für die Berechnung des Uebersetzungsverhältnisses wurde angenommen, dass 25$^k$ Zugkraft im Stande sind, Maximallast und Reibung zu überwinden.

Die Vortheile, welche diese Züge in der beschriebenen Ausführung bieten, lassen sich kurz in Folgendem zusammenfassen:

Sie werden nicht schwerer als Differentialzüge, wenn diese gleiche Sicherheit in der Construction bieten; ein Arbeiter kann mit denselben die Maximallast heben, für welche sie construirt sind; ihre Hubhöhe ist unbegrenzt, nur abhängig von der Kettenlänge; die lose Rolle lässt sich bis hart an das Gehäuse hinaufziehen, es wird also ein ganz geringer Höhenraum für den Zug selbst in Anspruch genommen; der Nutzeffect des Zuges ist so gross wie bei jeder anderen gut construirten Winde; die Hemmung ist eine absolut sichere; das Niederlassen der Last kann bei einiger Uebung des Arbeiters schnell erfolgen; die Abnutzung in den arbeitenden Theilen, namentlich in den kalibrirten Ketten ist nach den vorliegenden Resultaten eine höchst geringe. Durch die Abnutzung der Kette oder der Zähne der Räder wird die Fähigkeit der Selbsthemmung nicht beeinträchtigt.

## Pneumatische Dampframme nach Daelen's Princip.

Von **Ballauf** in Wilhelmshafen.

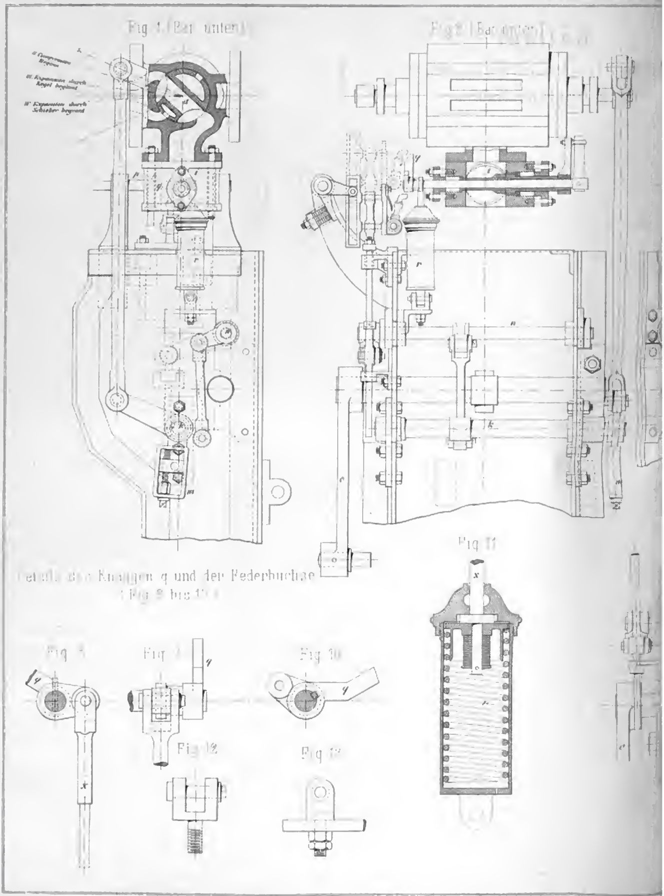
(Hierzu Blatt 21 und 22.)

Der Umbau einer im Betriebe befindlichen Ramme nach dem System der Daelen'schen Dampfhämmer stellte sich als nothwendig heraus, da die Leistung derselben im Maximum nur den siebenten Theil derjenigen einer Nasmyth-Dampframme betrug. Das Verhältniss stellt sich wie 28 Pfähle zu 4 Pfählen, welche während einer zehnstündigen Arbeitszeit eingerammt werden können. Diese Minderleistung der Daelen-Ramme ist in dem geringen Querschnitte und der überaus grossen Länge der Canäle für den Uebertritt des Dampfes aus dem unteren in den oberen Kolbenraum zu suchen, wodurch von dem übertretenden Dampfe ein zu starker Gegendruck auf die untere Kolbenfläche ausgeübt wird.

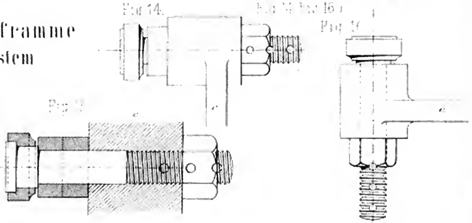
Durch Reducirung der Länge des Canals für die Dampfausströmung sowie durch Vergrösserung des Druckes über dem Kolben für das Fallen des Bärs und durch Beseitigung des Gegendruckes, welcher infolge frühen Dampfeintrittes entsteht, soll die Leistung der Ramme erhöht werden.

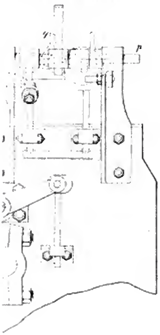
Wie bekannt, wirkt ein Daelen'scher Dampfhammer, nach dessen Princip die vorstehende Ramme gebaut ist, in der Weise, dass der Dampf, nachdem er den Kolben gehoben hat, während des Fallens des Hammers über den Kolben tritt und auf denselben ein Nacharbeiten ausübt. Die Kolbenflächen sind zu dem Zwecke verschieden gross und, wie leicht ersichtlich, in dem umgekehrten Verhältnisse der Drucke des Dampfes an dem Ende der Kolbenwege gewählt. Das Entweichen des ausgenutzten Dampfes findet während des Aufwärtsganges des Kolbens, also während jedes dritten Kolbenhubes statt. Die Vertheilung des Dampfes wird durch einen Dreiwegehahn, sog. Wilson'schen Hahn, bewirkt. Die Bewegung dieses Hahnes erfolgt von dem Hammer aus in bekannter Weise. Auch im Uebrigen darf die Construction dieser Ramme als bekannt vorausgesetzt werden, ebenso wie das Princip einer pneumatischen Ramme, welches dem Umbau zu Grunde gelegt wurde, bereits bei einer anderen Gelegenheit (S. 317 d. Bds.) beschrieben wurde. Es sei hier nur erwähnt, dass die dort erwähnte Ramme eine Nasmyth-Ramme mit Luftcompressions-Oberdruck und mit Präcisionssteuerung ist. Es genügt daher, im Folgenden nur die Umänderungen hervorzuheben, welche mit einer Daelen'schen Ramme vorzunehmen sind, um sie in eine pneumatische Ramme zu verwandeln.

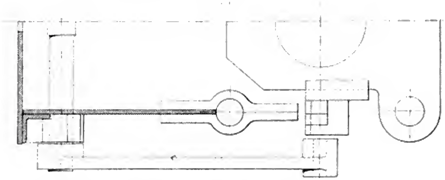
Die bisherige Verbindung der Hebel an der Hammerbahn mit dem Steuerungshahn sowie die Vorrichtung zur Bewegung und Aenderung der Stellung des Ausschlaghebels, bestehend in einem Handrade und zwei conischen Rädern, und der Cylinderdeckel sind für die


Fig 1 (Bar unten)
q und der Federbuchse
Fig 11
Fig 10
Fig 12

# Ballauf:
## Pneumatische Dampframme nach Daelens System





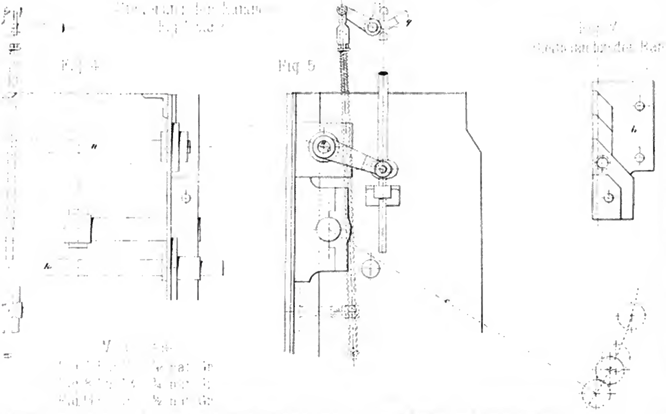
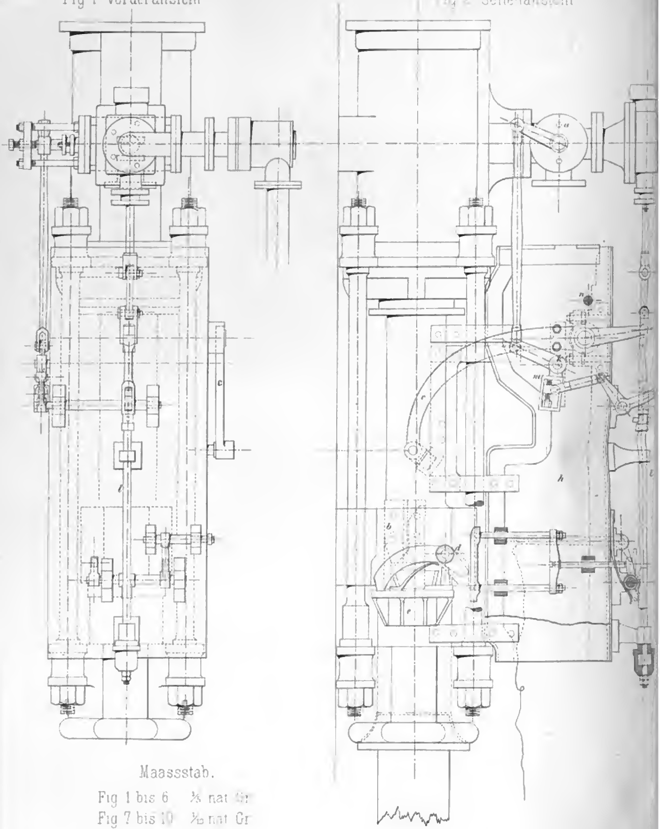


Fig 1 Vorderansicht

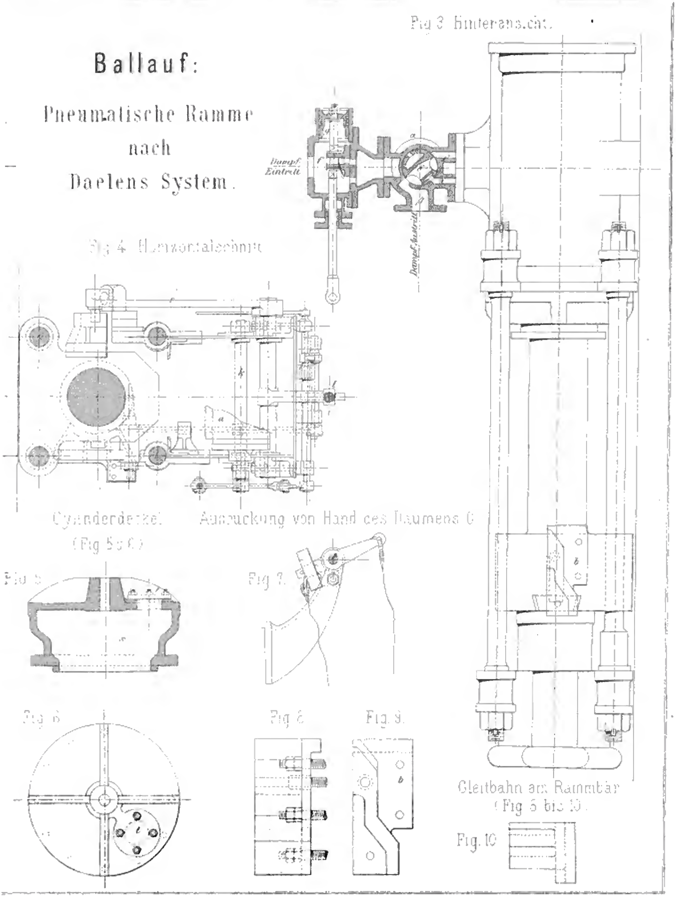
Fig 2 Seitenansicht



Maassstab.
Fig 1 bis 6 ⅕ nat Gr
Fig 7 bis 10 ⅒ nat Gr

# Ballauf:

## Pneumatische Ramme nach Daelens System.



neue Construction in Fortfall zu bringen. Dagegen ist der Steuerhahn $a$ beizubehalten, aber demselben eine der früheren Richtung entgegengesetzte Drehrichtung zu geben, so dass beim Aufwärtsgange des Bärs die Canäle $\alpha$ und $\beta$ und nicht, wie früher, die Canäle $\alpha$ und $\gamma$, ebenfalls auf dem Wege durch den Canal $\delta$, allmälig mit einander in Verbindung treten, wie denn überhaupt eine Verbindung der oberen Kolbenseite mit der unteren nicht stattfindet. Eine Bewegung des Steuerhahnes soll während des Fallens des Bärs nicht eintreten; derselbe bleibt stehen und ändert seine Stellung erst dann, wenn der Bär unten wieder ankommt.

Die an der umgeänderten Daelen'schen Ramme neu angebrachten Theile sind hauptsächlich folgende: Die Leitbahn $b$ (Fig. 2 und 3 sowie Fig. 8 bis 10, Blatt 21, und Fig. 7, Blatt 22; die Leitbahn auf Blatt 21 entspricht einer constanten Compression von 0,5, für welche auch die Einzeichnungen in den Ansichten gelten, die Bahn auf Blatt 22 entspricht einer veränderlichen Compression, bei Anwendung von in den Fig. 14 bis 16 desselben Blattes gezeichneten Leitrollen für den Steuerhebel $c$). Dieser letztere ist ebenfalls neu anzubringen. Ebenso der ungleicharmige Schlaghebel $d$, welcher den Zweck hat, das Ausrücken der Hemmvorrichtung für die Schieberstange zu bewirken. Derselbe ist in der Zeichnung in der dem Ausgerücktsein der Hemmvorrichtung entsprechenden Stellung angegeben und findet in $e$ seine Unterstützung. Der nur für die Regulirung des eintretenden Dampfes dienende Schieber $f$, Fig. 3, Blatt 21, mit dem Dampfkolben $g$ hat das zeitgemässe Einstellen des Schiebers zu bewirken.

Das kastenförmige Gehäuse $h$, Fig. 2, dient für die Aufnahme sämmtlicher zum Steuern des Schiebers $f$, sowie des Steuerhahnes $a$ und der Klappe $i$ für den Dampfaustritt (Fig. 1 und 2, Blatt 21) bestimmten Hebel, Wellen, Zugstangen u. dgl. m., insbesondere der Welle $k$ mit den auf ihr befindlichen Hebeln und den mit ihr und der Schieberstange $l$, sowie dem Steuerhahn $a$ in Verbindung stehenden und zur Bewegung des letzteren dienenden Hebeln, wobei die Coulisse $m$ in Fig. 2 zur genauen Justirung des Steuerhahnes dient; ferner der Welle $n$ mit den auf ihr befindlichen Hebeln und den mit ihr und der Welle $k$, Fig. 1 und 2, Blatt 22, sowie der Klappe $i$ in Verbindung stehenden und zum Steuern der Klappe dienenden Hebel u. s. w.; sodann dem Daumen $o$ für das Steuern der Klappe $i$ mit einem ihn aufnehmenden und mit der Welle $n$ in Verbindung stehenden Gestelle, welche beide in der Fig. 2, Blatt 22 in der höchsten Stellung durch punktirte Linien angedeutet sind; endlich der Achse $p$ mit zwei Unterstützungslagern und einer Vorrichtung zum Ausrücken des Daumens $o$ von Hand, für den besonderen Fall, dass der Bär nicht genügend aushebt (Fig. 7, Blatt 21).

Ferner befinden sich noch folgende Haupttheile an der umgeänderten Ramme angebracht: Der Steuerknaggen $q$ auf der Achse der Klappe mit einer eigenthümlich construirten Leitbahn für den Daumen $o$. Dieser Daumen hat folgende Functionen zu verrichten: Die Klappe zum Verschliessen der Ausströmöffnung zu veranlassen, dieselbe eine zeitlang in dieser Stellung zu halten und alsdann die Leitbahn zu verlassen, so dass eine Feder in der Büchse $r$ (Fig. 1 und 2, und Fig. 11 Blatt 22), welche während des ersten Vorganges gespannt worden ist, die Klappe wieder in ihre ursprüngliche Stellung bringen kann. An Stelle des früheren gewöhnlichen Deckels ist der kastenförmig ausgebaute Cylinderdeckel $s$ (Fig. 5 und 6, Blatt 21) angeordnet.

Bezüglich der Vorrichtung für die Regulirung des Dampfaustrittes sei noch bemerkt, dass diese Regulirung in gewissen Grenzen leicht veränderlich gemacht werden könnte dadurch, dass man dem Steuerknaggen und dem Daumen $o$ an den Austrittskanten vorweg eine Abschrägung giebt, wie dieselbe in Fig. 2, Blatt 22 (für den Steuerknaggen in der höchsten Stellung) punktirt angedeutet worden ist; es müsste alsdann die Achse $p$ in dem Kopfe ihrer Unterstützungslager so gelagert werden, dass eine Verschiebung der Achse in horizontaler Richtung (für den vorliegenden Fall um $25^{mm}$) angängig wäre, was sich leicht bewerkstelligen liesse. —

Durch die vorbeschriebenen Aenderungen in den Steuerungstheilen der Dampframme ergeben sich die folgenden Combinationen.

Bei der Lage der Maschinentheile wie auf Blatt 21 in den Fig. 1 bis 4 angegeben ist und bei Anwendung eines Deckels $s$, sowie einer Klappe $i$ mit ihrem Steuermechanismus, wirkt eine solche Ramme als eine pneumatische Dampframme, d. h. eine Ramme mit Luft-Compressionsdruck und mit Präcisionssteuerung. Die Stellung der Hebel u. s. w. für die Bewegung des Steuerhahnes ist in der Fig. 2, Blatt 21 zu ersehen. Bei derselben Stellung der Hebel für die Bewegung des Steuerhahnes $a$ und des Schiebers $f$, wie oben angegeben, unter Fortfall des Verschlusses $t$ für die Oeffnung in dem Deckel $s$ und ferner unter Fortfall der Klappe $i$ mit Zubehör bezw. unter Ausschaltung dieser Klappe, wirkt die Ramme wie eine gewöhnliche Nasmyth'sche Dampframme. Bei einer veränderten Stellung der für die Bewegung des Steuerhahnes dienenden Hebel, wenn also der auf der Welle $k$ sitzende Hebel nach rechts zeigt, ferner bei geschlossen gehaltenem Cylinderdeckel $s$ bezw. unter Beibehaltung des alten Deckels und unter Fortfall der Klappe $i$ mit Zubehör, im Uebrigen aber unter Belassen aller Theile, wie sie in den Zeichnungen auf Blatt 21 für eine pneumatische Dampframme angegeben sind, wirkt die Ramme als eine gewöhnliche Daelen'sche Dampframme mit dem wesentlichen Vortheile, dass bei ihr jeder Gegendruck, welcher infolge zu frühen Dampfeintrittes entsteht (wie dies bei einer gewöhnlichen Daelen'schen Ramme der Fall ist) in Fortfall gebracht ist.

Die früher zur Verbindung der Steuerung mit der Ramme vorhanden gewesenen Theile sind nicht an diesen drei Systemen angebracht zu denken.

Der Ramme ist ein Kolbenhub (Fallhöhe des Bärs) von $760^{mm}$ gegeben worden, bei $57^{mm}$ Weg des Vertheilungsschiebers, entsprechend einem Wege von $72^{mm}$

des Steuerhebels $c$ in der Mittellinie der Schieberstange $l$ und 25$^{mm}$ grösster (Anfangs-) Oeffnung der Canäle für den Dampfeintritt in der Gleitfläche des Vertheilungsschiebers. Es ergiebt sich ferner bei

0,342 des Kolbenweges Beginn der Bewegung des Steuerhebels $c$,
0,447 „ „ Beginn der Bewegung der Schieber,
0,500 „ „ Beginn der Compression,
0,666 „ „ zweiter Beginn der Bewegung der Schieber,
0,73 des Kolbenweges Beginn der Expansion,
0,80 „ „ Vertheilungsschieber geschlossen,
0,90 „ „ Beginn der Eröffnung des Canals für die Dampfausströmung (in dem Steuerhahne),
0,947 „ „ Eintritt der vollen Eröffnung des Canals für die Dampfausströmung.

Von hier ab bis zu dem Ende des Kolbenweges findet eine Bewegung der Schieber nicht weiter statt.

## Versuche zur Theorie der Reactions-Turbinen.

Von **Albert Fliegner**, Prof. der theoret. Maschinenlehre am eidgenöss. Polytechnicum in Zürich.

(Hierzu Blatt 23.)

Bei Entwickelung der Theorie der Reactions- oder Vollturbinen wird neben anderen stets auch die Annahme gemacht, dass sämmtliche Wasserelemente beim Durchtritte durch die Canäle von Leit- und Laufrad sicher geführt seien, und zwar in Curven, die mit den Schaufelcurven congruent sind. Namentlich wichtig ist diese Sicherheit der Führung beim Austritte aus dem Leit- und Laufrade und beim Eintritte in das letztere.

Aus dieser gelegentlich als scheinbar selbstverständlich gar nicht besonders angeführten Annahme folgt leicht die Art, wie man die Widerstände bei der Bewegung des Wassers durch die Laufrad-Canäle in die Rechnung einführen muss. Zunächst würde nämlich eine Canalreibung auftreten, welche nach den bekannten Formeln über Rohrreibung oder auch durch einen einfachen Widerstandscoefficienten ausgedrückt werden müsste. Für eine beliebige Geschwindigkeit der Turbine käme dann noch der sog. „Stoss beim Eintritte in das Laufrad“ hinzu. Zu seiner Berechnung braucht nur die relative Bewegung des Laufrades gegenüber dem Leitrade bekannt zu sein. Es ist daher, namentlich auch mit Rücksicht auf die folgenden Untersuchungen, das Einfachste, das Laufrad in Ruhe anzunehmen und dafür dem aus dem Leitrade austretenden Wasser noch die entgegengesetzt gerichtete Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades an der Eintrittsstelle beizulegen. Ist dann in Fig. 1, Blatt 23

- $c$ die absolute Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus den Canälen des Laufrades,*)
- $\alpha$ ihr Winkel mit der Normalen zur Trennungsfläche beider Räder,
- $w$ die entgegengesetzt genommene Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades an der Eintrittsstelle,

so ist die Resultirende dieser beiden Geschwindigkeiten, $c_r$ unter $\alpha_r$, gleich der relativen Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers in das Laufrad. $\alpha_r$ ist dabei im Allgemeinen verschieden von $\alpha_1$, dem Neigungswinkel der Schaufeltangente. Da das Wasser aber wegen der angenommenen genauen Führung der Schaufel folgen muss, so muss es seine Geschwindigkeit plötzlich in $c_1$ ändern, also in einer scharfen Ecke abbiegen. Der dadurch hervorgerufene Widerstand berechnet sich nach dem Carnot'schen Satze über den Arbeitsverlust beim vollkommen unelastischen Stosse. Zerlegt man dazu, wie gebräuchlich, die Geschwindigkeiten parallel und normal zur Trennungsfläche beider Räder, so ändert sich

$$c_r \sin \alpha_r = w - c \sin \alpha \quad \text{in} \quad c_1 \sin \alpha_1 \quad . \quad . \quad (1),$$

$$c_r \cos \alpha_r = c \cos \alpha \quad \text{in} \quad c_1 \cos \alpha_1 \quad . \quad . \quad (2),$$

und der Arbeitsverlust für jedes durchgeströmte Kilogramm Wasser, oder der Druckhöhenverlust, wird:

$$h_r = \frac{(c_r \sin \alpha_r - c_1 \sin \alpha_1)^2 + (c_r \cos \alpha_r - c_1 \cos \alpha_1)^2}{2g} \quad (3).$$

Bezeichnet man die Summe der Querschnitte sämmtlicher Canäle mit $F$ und je dem Index der zugehörigen Geschwindigkeit, so muss $F_r c_r = F_1 c_1 = F_2 c_2$ sein. Damit kann man in Gl. (3) auf der rechten Seite $c_2^2$ heraussetzen. Führt man dann noch den Widerstandscoefficienten für den Stoss beim Eintritte in das Laufrad, bezogen auf $c_2$, ein, so wird derselbe:

$$\zeta = \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \left[\left(\frac{F_1}{F_r} \cos \alpha_r - \cos \alpha_1\right)^2 + \left(\frac{F_1}{F_r} \sin \alpha_r - \sin \alpha_1\right)^2\right] \quad (4),$$

und die verlorene Druckhöhe folgt zu:

$$h_r = \zeta \frac{c_2^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

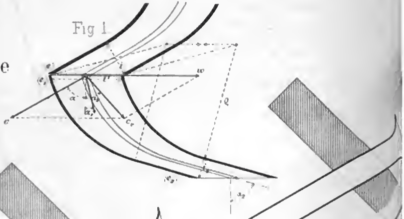
Diese gebräuchliche Art der Einführung des Widerstandes durch Stoss beim Eintritte in das Laufrad ist also eine nothwendige Folge der Voraussetzung genauer Führung sämmtlicher Wassertheilchen. Umgekehrt ist aber auch diese genaue Führung, also eigentlich das Vorhandensein unendlich vieler Schaufeln, die unerlässliche Bedingung für die Zulässigkeit dieser Art der Anwendung des Carnot'schen Satzes.

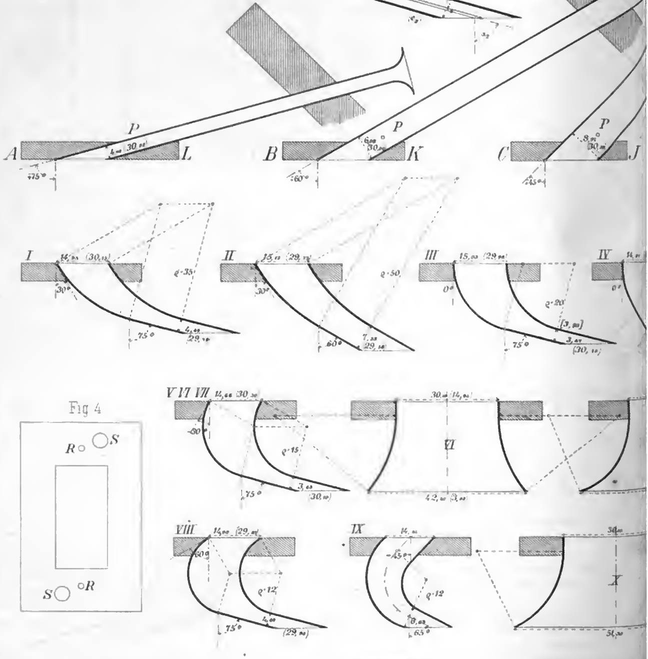
Sobald nämlich die Anzahl der Schaufeln nur klein und daher die Breite der einzelne Canäle verhältnissmässig gross ist, wird nur ein sehr geringer Bruchtheil der Wasserelemente direct geführt sein, und das auch nur einseitig. Alle übrigen können bis zu einem ge-

*) Die Bezeichnungsweise ist im Wesentlichen dieselbe, welche Hr. Prof. Zeuner in der letzten Zeit seiner Thätigkeit in Zürich eingeführt hat.

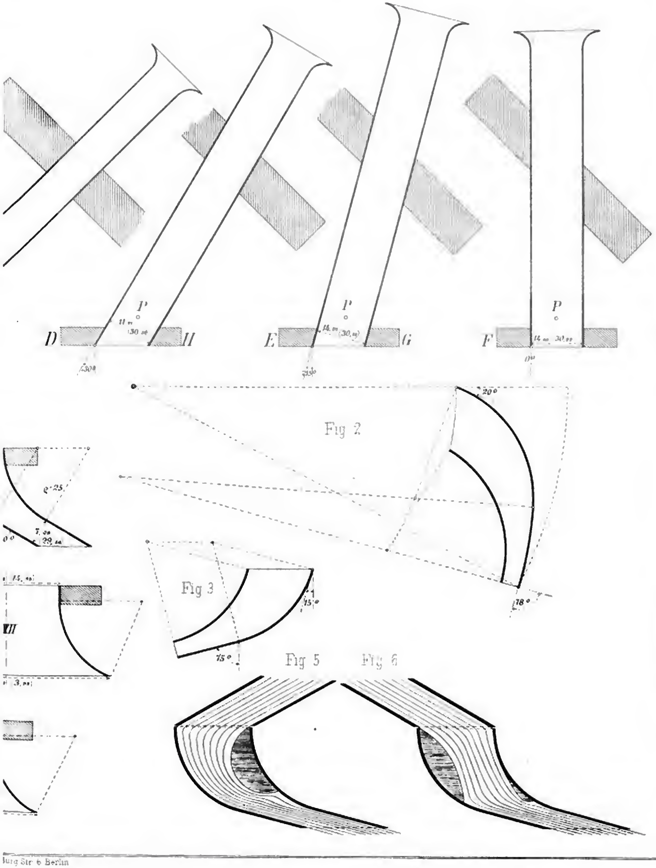
# Albert Fliegner:

## Versuche zur Theorie der Reactionsturbinen.




Kgl. Hof-Lith. Herrm



P
P
P
D
H
E
G
F
Fig 2
20°
18°
Fig 3
15°
75°
Fig 5
Fig 6

wissen Grade ausweichen. An und unmittelbar hinter der Uebergangsstelle wird sich also eine Bewegung des Wassers einstellen, die wesentlich gleich ist derjenigen bei einem Rohrknie. Es wäre aber unzulässig, die für ein solches gefundenen Widerstandscoefficienten hier unmittelbar anzuwenden. Die betreffenden Versuche erstrecken sich nämlich bis jetzt nur auf Knie mit gleichem Rohrquerschnitte zu beiden Seiten desselben, sowie auf geradlinige Rohraxen. Hier schliesst sich dagegen an das Knie unmittelbar eine Krümmung an, so dass der Einfluss des Knies gar nicht rein und voll zur Geltung kommen kann. Aber auch die bekannten Coefficienten für Rohrkrümmungen dürfen hier nicht benutzt werden, da die Turbinencanäle keinen constanten Querschnitt haben. Die Verhältnisse sind also so verwickelte, dass man zur Bestimmung des Widerstandes, den das Wasser beim Durchtritte durch Turbinencanäle erfährt, zu directen Versuchen greifen muss. Bei denselben ist es aber nicht möglich, die einzelnen Theile des Widerstandes: Knie, Krümmung und reine Canalreibung, getrennt zu ermitteln. Ich halte es daher auch für das Richtigere, nur den so zu findenden Gesammtwiderstand mit Einschluss der eigentlichen Canalreibung in die Formeln über Turbinen einzuführen.

An directen Versuchen zur Bestimmung des Widerstandes von Turbinencanälen sind mir nur die von Weisbach angestellten und im „Polytechn. Centralblatt" 1850, S. 129 ff. mitgetheilten bekannt. Weisbach hat nur zwei Canäle untersucht, einen entsprechend den mittleren Verhältnissen einer Fourneyron'schen, den anderen denjenigen einer Jonval'schen Turbine. Er hat auch nur den genauen Eintritt hergestellt, indem die Canäle an der Eintrittsstelle etwas verlängert und mit einer gut abgerundeten Einmündung versehen waren. Zunächst wurde der Canal sammt Einmündung, dann, nach Losschneiden des Canals, die gut abgerundete Mündung allein untersucht. Daraus liess sich leicht der Widerstand des eigentlichen Canals bestimmen.

Die beiden Canäle sind in Fig. 2 und 3 in halber natürlicher Grösse, wie in der Originalmittheilung auch, abgebildet. Doch muss ich dazu bemerken, dass der Fourneyron'sche Canal dort nicht richtig ist; der Halbmesser des äusseren Kreises ist zu klein, wenn man wenigstens am Austritte keinerlei Contractionen haben will. In Fig. 2 habe ich diesen Fehler, so gut es ging, verbessert, ohne dass sich die Gestalt des Canals dadurch wesentlich geändert hätte. Die zur Zeichnungsebene normalen Dimensionen der Canäle waren je constant und zwar bei Fourneyron rund $45^{mm}$, bei Jonval $49^{mm}$.

Als Mittel aus je sechs Versuchen mit dem Canal sammt Einmündung (einen Controlversuch bei Fourneyron rechnet er dabei nicht mit) und je zwei Versuchen mit der abgerundeten Mündung allein giebt dann Weisbach den auf die Austrittsgeschwindigkeit $c_2$ bezogenen Widerstandscoefficienten für den Canal nach

Fourneyron . . . $\zeta_0 = 0{,}017$
Jonval . . . . . $\zeta_0 = 0{,}070$.

Die Figuren 2 und 3 zeigen nun, dass der Fourneyron'sche Canal verhältnissmässig länger und schmaler ist als der Jonval'sche. Fasst man nach der gebräuchlichen Anschauung den Widerstand wegen des hier vorliegenden genauen Eintrittes als reine Canalreibung auf, so müsste man eigentlich für den Fourneyron'schen Canal einen grösseren Druckhöhenverlust und grösseren Werth von $\zeta_0$ erwarten als für den Jonval'schen. Die Versuche zeigen entschieden das Gegentheil. Berechnet man umgekehrt, was allerdings nur angenähert leicht geschehen kann, aus den Versuchen den Rohrreibungscoefficienten, so wird er bei Fourneyron nur etwa halb so gross wie bei Jonval, ein Unterschied, der sich um so weniger erklären lässt, als beide Canäle aus gleichem Material hergestellt sind. Dass übrigens Weisbach aus allen seinen Versuchen je das Mittel nimmt, halte ich auch nicht für richtig; ich finde aus denselben vielmehr ganz unzweideutig eine Abnahme von $\zeta_0$ mit wachsendem Drucke und also auch wachsender Geschwindigkeit. Die Aenderung ist ausserdem, namentlich bei Fourneyron, ganz bedeutend stärker als bei dem gewöhnlichen Rohrreibungscoefficienten. Die Weisbach'schen Versuche lassen sich also aus einer Canalreibung allein nicht wol erklären.

Zum entgegengesetzten Resultate gelangt man dagegen, wenn man den Canal als eine Rohrkrümmung auffasst; ein vorhergehendes Knie fällt wegen des genauen Eintrittes hier fort. Der Fourneyron'sche Canal ist gegenüber dem mittleren Krümmungshalbmesser viel schmaler als der Jonval'sche, seine Krümmung ist also eine allmäligere, und er muss daher einen geringeren Widerstand hervorrufen. Das zeigen die Weisbach'schen Versuche mit Entschiedenheit, so dass die Auffassung des Canals als Krümmung gerechtfertigt erscheint.

Die Unzulässigkeit von Gl. (4) für eigentliche Turbinen lässt sich auch aus anderweitigen bekannten Versuchen folgern. Wäre nämlich die dieser Formel zu Grunde liegende Anschauung richtig, so müsste dieselbe auch für ein gewöhnliches Rohrknie gelten, nur mit der Vereinfachung, dass bei einem solchen $F_r = F_1 = F_2$ und $\alpha_r = -\alpha_1 = \delta$, dem sogenannten Bricolwinkel, wäre. Dann würde sich der Widerstandscoefficient zu

$$\zeta = 4 \sin^2 \delta$$

ergeben, und zwar gleich für alle beliebigen Dimensionen und Formen des Rohrquerschnittes. Nach Versuchen von Weisbach*) folgt dieser Werth aber dem ganz anderen empirischen Gesetze:

$$\zeta = 0{,}9457 \sin^2 \delta + 2{,}047 \sin^4 \delta.$$

Dasselbe gilt auch nur für einen kreisförmigen Querschnitt von $30^{mm}$ Durchm. Engere Röhren haben grössere Widerstände ergeben. Es kann also auch hier keine plötzliche Ablenkung des Wassers vorhanden sein; auch wird in diesem Falle in keiner der Zeichnungen eine solche angenommen. —

*) „Ingenieur- u. Masch.-Mechanik" I, 5. Aufl., S. 1044.

Da mir keine weiteren directen Versuche über Turbinencanäle bekannt sind, namentlich keine bei ungenauem Eintritte, mir aber dieser Punkt einer genaueren Untersuchung wol werth schien, so habe ich eine Reihe von Versuchen über denselben ausgeführt. Die dabei benutzten Canäle, auf Blatt 23 in natürlicher Grösse dargestellt, waren der leichteren Herstellung wegen für einen unendlich grossen Turbinen-Radius construirt, so dass sie angenähert sowol einer Axial-, wie einer Radial-Turbine zugehörend aufgefasst werden können.

Die Laufradcanäle sind mit den Nummern I bis IX bezeichnet. Wo eine Seitenansicht fehlt, haben sie eine constante und unter sich gleiche Breite von rund 30$^{mm}$. Nur die Canäle VI, VII und IX sind nach der Austrittsstelle zu erweitert. Canal IX entspricht angenähert den Verhältnissen, welche Haenel bei seiner Turbine mit Rückenschaufeln*) angewendet hat. Die aus Messingblech über möglichst genau gearbeiteten schmiedeeisernen Kernen hergestellten Canäle waren in ebene Messingplatten eingelöthet, deren obere Endflächen bei allen möglichst genau congruent gemacht wurden, wie in Fig. 4. Die freie Oeffnung des Canals sollte 30 auf 15$^{mm}$ betragen; natürlich finden sich bei den einzelnen Canälen geringe Abweichungen davon.

Um eine Contraction des Wassers beim Verlassen des Turbinencanals unmöglich zu machen, waren die Bleche an der Austrittsstelle so weit geradlinig verlängert, dass sie noch 1 bis 2$^{mm}$ parallel liefen. Nur beim Canal No. IX war eine solche Anordnung nicht möglich.

Da ich auch verschiedene Anfangsgeschwindigkeiten der Turbine untersuchen wollte, die Canäle selbst aber nicht bewegen konnte, so stellte ich die entsprechenden relativen Eintrittsrichtungen durch verschieden geneigte Eintrittscanäle her. Bei diesen war aber nur die Richtung des äussersten Stückes massgebend; ich konnte dieselben also, abweichend von der Form der wirklichen Turbinen-Leitcanäle, einfach ganz prismatisch machen und musste das auch wegen ihrer bequemeren Herstellung und namentlich Befestigung am hydraulischen Apparat. Diese Einlaufcanäle sind mit $A$ bis $L$ bezeichnet. Sie sind gleichfalls in Messingplatten eingelöthet, deren Unteransicht auch Fig. 4 giebt. Zwei Stifte $R$ sicherten das möglichst genaue Uebereinanderfallen der freien Oeffnungen des Einlauf- und eines durch die Schrauben $S$ wasserdicht daran befestigten Laufradcanals.

Die Stifte $R$ und die Schrauben $S$ waren so angeordnet, dass jeder Laufradcanal nach beiden Seiten hin an jeden Einlaufcanal befestigt werden konnte. In den folgenden Untersuchungen ist der Sinn dieser Befestigung so angedeutet, dass je die links gezeichnete und mit der Nummer versehene Seite des Laufradcanals unter derjenigen Seite des Einlaufcanals sich befand, an welcher der betreffende Buchstabe steht. $A$ bis $E$ entspricht also der Befestigung, bei welcher die Turbinencanäle nach der Zeichnung parallel verschoben waren, so dass das Wasser aus ihnen nach rechts ausströmte. Bei $G$ bis $L$ waren die Canäle umgekehrt, so dass das Wasser nach links floss. Bei $F$ ist der Sinn der Befestigung gleichgiltig.

Die in den Figuren angedeuteten und, soweit es der Platz gestattete, auch vollständig hingezeichneten schrägen dickeren Platten dienten zur Befestigung der Einlaufcanäle am hydraulischen Apparat. An diesem befand sich dazu ein kürzeres Rohr von etwa 80$^{mm}$ Durchm., welches vorn durch eine gleich geneigte und passend durchbohrte Platte geschlossen war.

Von den zur Berechnung der Versuche nöthigen Dimensionen der Canäle konnten die Winkel nachträglich nicht mit genügender Sicherheit nachgemessen werden. Da bei der Herstellung aber möglichst sorgfältig vorgegangen worden war, so glaubte ich unbedenklich die ursprünglich verlangten Werthe benutzen zu dürfen. Die übrigen Dimensionen sind dagegen direct nachgemessen worden, und zwar je in der Mitte und an den beiden Seiten; die nach der Simpson'schen Regel berechneten Mittelwerthe finden sich in den Figuren in Millimetern eingetragen. Die in Klammern eingeschlossenen Werthe sind die Dimensionen senkrecht zur Zeichnungsebene. Zu Canal III ist dabei zu bemerken, dass derselbe während der Versuche aufgerissen war und nach der Wiederherstellung $i_2 = 3{,}80^{mm}$ erhalten hatte anstatt $3{,}47^{mm}$. Dieser Werth gilt für die Versuche mit den Einlaufcanälen $E$ bis $H$. Der Querschnitt $F_2$ an der Austrittsstelle ist bei den Canälen mit Erweiterung infolge seiner trapezförmigen Gestalt nicht mit derselben Sicherheit auszumessen gewesen wie bei den übrigen.

Der zu den Versuchen benutzte hydraulische Apparat steht in unmittelbarer Verbindung mit der Leitung der Zürcher Wasserversorgung. Er gestattet es also, Versuche bei constantem Drucke anzustellen, abgesehen von den geringen Schwankungen, die in einem weitverzweigten und viel benutzten Röhrennetze unvermeidlich sind. Die Höhe des Druckes im Apparat lässt sich durch einen Hahn leicht reguliren. Ich habe nun die gewählten mittleren Pressungen so vertheilt, dass sie bis zu einem Ueberdrucke kleiner als etwa 10$^{m}$ Wassersäule sich in kleineren Zwischenräumen folgten, bei höheren und bei Vollturbinen selteneren Pressungen dagegen weiter aus einander lagen.

Der so im Apparate eingestellte Druck wurde aber nicht zur Berechnung der Versuche benutzt; es hätte das eine Berücksichtigung der Widerstände in den Einlaufcanälen nöthig gemacht. Um diese ganz zu eliminiren, habe ich möglichst nahe am unteren Ende dieser Canäle eine kleine Seitenöffnung $P$ bohren lassen, die nach einem Manometer führte; bei kleinen Pressungen war es ein Wasser-Piezometer, bei grösseren ein Quecksilber-Manometer. So konnte der hydraulische Druck in dem Querschnitte durch $P$ leicht beobachtet werden. Er ist, in Meter Wassersäule ausgedrückt, mit $\xi$ bezeichnet. Aus der bekannten Grösse des Querschnittes

*) Vergl. Bd. V, S. 163 d. Z.

durch $P$, $F_r$ und aus der beobachteten Ausflussmenge ergab sich ferner die Geschwindigkeit $c_r$ in $F_r$. Um ein volles Ausströmen aus dem Turbinencanal zu sichern, tauchte derselbe stets. $h_0$ bezeichne den Abstand des Unterwasserspiegels unter $P$, ein Werth, der gelegentlich auch negativ wurde. Dann ist die für die Bewegung des Wassers vom Querschnitte durch $P$ bis zum Verlassen des Turbinencanals im Ganzen disponible Druckhöhe

$$h = \frac{c_r^2}{2g} + \xi + h_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

Da man die Widerstände in dem kurzen Stücke des Einlaufcanals unterhalb des Querschnittes durch $P$ unbedenklich vernachlässigen kann, so wird diese disponible Druckhöhe nur dazu verwendet, die Ausflussgeschwindigkeit $c_2$ aus dem Turbinencanal zu erzeugen und die sämmtlichen Widerstände beim Durchströmen durch denselben zu überwinden. Bezeichnet $\zeta$ den zugehörigen Widerstandscoefficienten, so ist auch

$$h = (1 + \zeta)\frac{c_2^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

$h$ ist nach Gl. (6), $c_2$ aus $F_2$ und der beobachteten Ausflussmenge leicht für jeden einzelnen Versuch zu berechnen; dann gestattet Gl. (7), rückwärts den Widerstandscoefficienten $\zeta$ zu finden.

Eine Mittheilung der directen Beobachtungsresultate sämmtlicher Versuche, deren ich über 1000 angestellt habe, würde zu umfangreiche Tabellen erfordern. Ich beschränke mich daher auf eine einzige Tabelle, deren Werthe sich aus einer graphischen Interpolation ergeben haben. Die Tabelle giebt für jede Combination der Canäle die bestimmten Werthen von $h$ (Gl. 6) entsprechenden Widerstandscoefficienten $\zeta$. In der ersten Columne steht der Druck $h$, die 10 folgenden, mit $A$ bis $K$ überschriebenen bezeichnen den benutzten Einlaufcanal. Der Turbinencanal ist in den einzelnen Ueberschriften angegeben.

Die Werthe von $\zeta$ sind in folgender Art gefunden: Aus den directen Versuchsresultaten konnte zunächst $\zeta$ als Function von $h$ graphisch aufgetragen werden, und ist das für alle Combinationen in sehr grossem Massstabe geschehen. Durch die so erhaltenen Punktreihen habe ich dann sich denselben möglichst genau anschliessende, continuirlich verlaufende Curven eingezeichnet und aus diesen die Werthe von $\zeta$ für die Pressungen von $h = 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30^m$ ermittelt, soweit ich diese Pressungen überhaupt erreicht hatte. Die Curven $\zeta = f(h)$ verliefen meist so, dass sie auf ein asymptotisches Anlegen an die obere Seite der verticalen Axe hindeuteten. Allerdings kommen auch vereinzelte Abweichungen vor, aber fast nur beim ersten Versuche einer Reihe, der wegen des kleinen dabei benutzten Druckes weniger zuverlässig ist. Auf solche Versuche habe ich daher auch weniger Gewicht gelegt. Mit zunehmendem Drucke geht dann die Curve meist früher oder später mit genügender Genauigkeit in eine nach abwärts geneigte Gerade über. Der Beginn dieser Geraden ist in der Tabelle durch einen horizontalen Strich zwischen den betreffenden Werthen von $\zeta$ angedeutet. Wo der Strich über der ganzen Columne steht, ging die Curve in ihrer ganzen Länge durch eine Gerade zu ersetzen. Diese Gerade kann aber nicht bis ins Unendliche gelten, oder Asymptote der wirklichen Curve sein, da sonst schliesslich $\zeta$ negativ werden würde. Die Curve muss vielmehr ein bei höherem Drucke liegendes Minimum haben, oder dann sich asymptotisch einem constanten Werthe nähern. Für den ersten Verlauf sprechen die Combinationen II, $B$, $E$, $F$ und IX, $F$ bis $K$ mit deutlichem Minimum, sowie II, $A$, $K$ mit continuirlicher Zunahme. Bei II, $C$, $G$ wird dagegen allerdings $\zeta$ bald constant.

Einige Werthe von $\zeta$ sind eingeklammert. Es sind das solche, die ausserhalb der directen Beobachtungsgrenzen lagen, doch noch so nahe, dass ich es wagen durfte, die Curven mit Rücksicht auf den Verlauf der übrigen so weit fortzusetzen.

In der Tabelle fehlen alle Combinationen mit dem Einlaufcanal $L$, sowie vereinzelte mit $A$, $B$ und $C$, weil sie eine eigenthümliche Abweichung zeigten. Während nämlich in allen übrigen Fällen bei angenähert je demselben Drucke im Apparate die Werthe von $h$ so weit übereinstimmten, als es mit Rücksicht auf die verschiedenen Querschnitte $F_r$ und die verschiedenen Werthe von $c_r$ zu erwarten war, ergaben die fehlenden Combinationen $h$ bedeutend kleiner. Gleichzeitig war aber auch der Werth von $\xi$ bedeutend kleiner als sonst, öfter sogar negativ. Dabei ändern sich $\xi$ und $h$ in demselben Sinne. So ergaben beim höchsten mit dem Apparate erreichbaren Drucke, der übrigens infolge anderweitiger gelegentlicher Wasserabnahme aus der Seitenleitung nicht ganz constant war, die anderen Combinationen $h$ zwischen 30 und $35^m$ und $\xi_{min}$ etwa $12^m$. Für kleinere Werthe von $\xi$ habe ich dagegen gefunden bei:

| | VIII, $L$ | III, $L$ | V, $L$ | IX, $L$ | IX, $A$ | VII, $A$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\xi^m =$ | 9,2 | 8,1 | 7,7 | 2,2 | —7,0 | —7,9 |
| $h^m =$ | 19,6 | 19,7 | 18,8 | 6,9 | 5,1 | 4,5 |

Die Regelmässigkeit der gleichzeitigen Abnahme von $\xi$ und $h$ schliesst die Annahme von eigentlichen Beobachtungsfehlern aus. Ich suche den Grund dieser Erscheinung darin, dass bei geringerem Drucke als etwa $\xi = 10^m$ ein entsprechender Theil der im Wasser absorbirt enthaltenen Luft frei wird, dass sich also im Querschnitte durch $P$ ein Gemenge von Wasser und Luft mit erheblich kleinerem specifischen Gewichte befindet. Rechnet man dann nach den gewöhnlichen Formeln für constantes specifisches Gewicht, so erhält man $c_r$ zu klein, folglich auch nach Gl. (6) den Werth von $h$. Da sich aber die Menge der frei gewordenen Luft nicht bestimmen lässt, so habe ich alle diese Versuchsreihen unberücksichtigt gelassen.

Während die Versuche $\zeta$ direct als Function der Druckhöhe $h$ ergeben, braucht man für die Nachrechnung von Turbinen $\zeta$ bei constantem Drucke als Function der Umfangsgeschwindigkeit $w$ des Rades. Nun geben die horizontalen Reihen der Tabelle zunächst den Zusammenhang von $\zeta$ mit dem jeweilen benutzten Einlauf-

**Turbinen-Canal No. I.** $\alpha_1 = 30^0$ $(H)$. $\alpha_0 = 21^0$. $\mu = 0{,}055$. $a = 0{,}2958$; $b = 0{,}003114$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,4571 | 0,6340 | 0,4189 | 0,3472 | 0,3219 | 0,3164 | 0,2620 | 0,2933 | 0,3947 | 0,3565 | 0,2990 |
| 5 | 1,3420 | 0,6056 | 0,3752 | 0,3167 | 0,2927 | 0,2922 | 0,2702 | 0,2797 | 0,2695 | 0,3418 | 0,2765 |
| 10 | 1,3208 | 0,5820 | 0,3631 | 0,3021 | 0,2772 | 0,3756 | 0,3556 | 0,2662 | 0,2536 | 0,3313 | 0,2625 |
| 15 | 1,3122 | 0,5671 | 0,3510 | 0,3875 | 0,2617 | 0,2591 | 0,2409 | 0,2528 | 0,2377 | — | 0,3500 |
| 30 | 1,3864 | 0,5250 | 0,3147 | (0,2438) | (0,2152) | (0,2094) | (0,1968) | (0,2124) | 0,1899 | — | 0,2000 |

**Turbinen-Canal No. II.** $\alpha_1 = 30^0$ $(H)$. $\alpha_0 = 19^0$. $\mu = 0{,}155$. $a = 0{,}1015$; $b = 0$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,5940 | 1,0177 | 0,4098 | 0,1693 | 0,1701 | 0,1627 | 0,1146 | 0,1531 | 0,1072 | 0,3506 | 0,1015 |
| 5 | 2,6918 | 1,0000 | 0,4036 | 0,1509 | 0,1488 | 0,1436 | 0,1140 | 0,1291 | 0,0955 | 0,3566 | 0,1015 |
| 10 | 2,9140 | 1,0064 | 0,4036 | 0,1724 | 0,1454 | 0,1445 | 0,1140 | 0,1199 | (0,0924) | 0,3641 | 0,1015 |
| 15 | 2,9363 | 1,0128 | (0,4036) | (0,1639) | (0,1729) | (0,1707) | (0,1140) | (0,1106) | — | 0,3716 | 0,1015 |

**Turbinen-Canal No. III.** $\alpha_1 = 0^0$ $(F)$. $\alpha_0 = 15^0$. $\mu = 0{,}040$. $a = 0{,}1394$; $b = 0{,}003336$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,7355 | 0,3319 | 0,2388 | 0,1928 | 0,1393 | 0,1539 | 0,1429 | 0,1731 | 0,1839 | 0,3051 | 0,1420 |
| 5 | 0,6109 | 0,2779 | 0,1953 | 0,1667 | 0,1201 | 0,1239 | 0,1183 | 0,1600 | 0,1591 | 0,1958 | 0,1310 |
| 10 | 0,5904 | 0,3634 | 0,1790 | 0,1516 | 0,1085 | 0,1068 | 0,1071 | 0,1437 | 0,1377 | 0,1841 | 0,1050 |
| 15 | 0,5829 | 0,2530 | 0,1636 | 0,1332 | 0,0870 | 0,0597 | 0,0949 | 0,1272 | (0,1164) | 0,1724 | 0,0895 |
| 20 | 0,5754 | 0,2425 | 0,1465 | 0,1108 | 0,0855 | 0,0726 | 0,0790 | 0,1110 | — | 0,1608 | 0,0730 |
| 30 | 0,5604 | 0,2217 | 0,1140 | (0,0669) | (0,0624) | (0,0384) | 0,0471 | 0,0783 | — | 0,1374 | 0,0405 |

**Turbinen-Canal No. IV.** $\alpha_1 = 0^0$ $(F)$. $\alpha_0 = 12^0$. $\mu = 0{,}080$. $a = 0{,}0553$; $b = 0{,}002813$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0,5299 | 0,1641 | 0,0676 | 0,0598 | 0,0652 | 0,0542 | 0,0578 | 0,0554 | 0,2651 | 0,0580 |
| 5 | ξ war | 0,4806 | 0,1266 | 0,0539 | 0,0362 | 0,0504 | 0,0306 | 0,0398 | 0,0190 | 0,2569 | 0,0400 |
| 10 | negativ | 0,4462 | 0,0995 | 0,0375 | 0,0346 | 0,0357 | 0,0181 | 0,0152 | negativ | 0,2422 | 0,0235 |
| 15 | | (0,4306) | (0,0723) | (0,0210) | (0,0246) | (0,0210) | (0,0179) | (negativ) | (negativ) | 0,2411 | 0,0180 |

**Turbinen-Canal No. V.** $\alpha_1 = -30^0$ $(D)$. $\alpha_0 = 8^1/_2{}^0$. $\mu = 0{,}025$. $a = 0{,}0608$; $b = 0{,}002230$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5036 | 0,2068 | 0,1317 | 0,1102 | 0,0728 | 0,0945 | 0,0999 | 0,1000 | 0,1078 | 0,1702 | 0,0950 |
| 5 | 0,3640 | 0,1442 | 0,0997 | 0,0773 | 0,0626 | 0,0635 | 0,0739 | 0,0683 | 0,0697 | 0,1293 | 0,0655 |
| 10 | 0,3512 | 0,1353 | 0,0937 | 0,0636 | 0,0498 | 0,0504 | 0,0647 | 0,0576 | 0,0578 | 0,1140 | 0,0525 |
| 15 | 0,3469 | 0,1295 | 0,0857 | 0,0567 | (0,0371) | (0,0416) | 0,0571 | 0,0484 | 0,0502 | 0,1099 | 0,0405 |
| 30 | 0,3336 | 0,1123 | (0,0647) | (0,0362) | — | — | (0,0345) | (0,0208) | (0,0374) | (0,0989) | 0,0200 |

**Turbinen-Canal No. VI.** $\alpha_1 = -30^0$ $(D)$. $\alpha_0 = -5^0$. $\mu = 0{,}090$. $a = 0{,}1854$; $b = 0{,}006773$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,2603 | 0,4761 | 0,2205 | 0,1883 | 0,1875 | 0,1753 | 0,1601 | 0,2346 | 0,2701 | 0,5433 | 0,1755 |
| 5 | 1,0566 | 0,4066 | 0,2167 | 0,1732 | 0,1581 | 0,1637 | 0,1509 | 0,2081 | 0,2331 | 0,4875 | 0,1535 |
| 10 | 1,0512 | 0,3946 | 0,1970 | 0,1414 | 0,1213 | 0,1302 | 0,1243 | 0,1747 | 0,2032 | 0,4614 | 0,1190 |
| 20 | 1,0417 | 0,3705 | 0,1390 | (0,0773) | (0,0478) | (0,0611) | (0,0705) | (0,1079) | (0,1434) | 0,4091 | 0,0495 |

**Turbinen-Canal No. VII.** $\alpha_1 = -30^0$ $(D)$. $\alpha_0 = -10^0$. $\mu = 0{,}180$. $a = 0{,}1790$; $b = 0{,}009187$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ξ war | 0,6730 | 0,3161 | 0,2134 | 0,1783 | 0,1914 | 0,2099 | 0,3081 | 0,4093 | 0,9187 | 0,1605 |
| 5 | negativ | 0,5699 | 0,2303 | 0,1475 | 0,1220 | 0,1430 | 0,1653 | 0,2573 | 0,3665 | 0,7855 | 0,1240 |
| 10 | | 0,5608 | 0,2086 | 0,1240 | 0,0909 | 0,1110 | 0,1265 | 0,2234 | 0,3364 | 0,7629 | 0,0900 |

**Turbinen-Canal No. VIII.** $\alpha_1 = -60^0$ $(B)$. $\alpha_0 = 4^0$. $\mu = 0{,}100$. $a = 0{,}1337$; $b = 0{,}003053$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,7356 | 0,4364 | 0,3723 | 0,1910 | 0,1676 | 0,1542 | 0,1481 | 0,1963 | 0,1434 | 0,4382 | 0,1495 |
| 5 | 0,6124 | 0,3640 | 0,2268 | 0,1550 | 0,1313 | 0,1169 | 0,1103 | 0,1413 | 0,1152 | 0,3816 | 0,1110 |
| 10 | 0,5820 | 0,3541 | 0,3147 | 0,1334 | 0,1154 | 0,1024 | 0,0958 | 0,1252 | 0,1042 | 0,3590 | 0,0975 |
| 15 | 0,5632 | 0,3441 | 0,2027 | 0,1186 | 0,1015 | 0,0856 | 0,0834 | 0,1115 | 0,0938 | 0,3508 | 0,0840 |
| 20 | 0,5530 | 0,3342 | 0,1906 | 0,1043 | 0,0677 | 0,0748 | 0,0709 | 0,0978 | (0,0813) | 0,3435 | 0,0720 |
| 30 | 0,5331 | (0,3143) | (0,1665) | (0,0757) | (0,0600) | (0,0471) | (0,0460) | (0,0704) | — | (0,3289) | 0,0470 |

**Turbinen-Canal No. IX.** $\alpha_1 = -45^0$ $(C)$. $\alpha_0 = -17^0$. $\mu = 1{,}100$. $a = 0{,}1257$; $b = 0{,}008086$.

| $h$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $F$ | $G$ | $H$ | $J$ | $K$ | $\xi_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | 0,1992 | 0,1385 | 0,3242 | 0,6971 | 0,9484 | 1,9362 | 4,5104 | 0,1100 |
| 5 | ξ war negativ | | | 0,1656 | 0,1019 | 0,3196 | 0,6276 | 0,9090 | 1,9153 | 3,8747 | 0,0810 |
| 10 | | | | — | — | — | — | 1,0630 | 2,0937 | 3,9742 | — |

canal, also auch mit $\alpha_r$. Dieser Winkel lässt sich aber leicht durch $w$ ersetzen. Dividirt man nämlich Gl. (1) durch Gl. (2), so erhält man

$$\operatorname{tg} \alpha_r = \frac{w}{c \cos \alpha} - \operatorname{tg} \alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8),$$

also $\alpha_r$ durch das Verhältniss der beiden veränderlichen Geschwindigkeiten $w$ und $c$, sowie durch den constanten Winkel $\alpha$ ausgedrückt. Man wird also $\zeta$ als Function zunächst von $\operatorname{tg} \alpha_r$ müssen darzustellen suchen. Der kürzeste Weg ist dabei wieder der graphische, und habe ich auch diesen eingeschlagen.

In den Punktreihen $\zeta = f(\operatorname{tg} \alpha_r)$ zeigte dabei namentlich der Canal $J$ öfters auffallend kleine Werthe des Widerstandes. Es deutet das entweder darauf hin, dass die gesuchte Curve zwei Minima hat, oder darauf, dass der Canal an einem nicht beobachteten Constructionsfehler leidet, der sich aber bei Benutzung als $C$, infolge der ganz anders verlaufenden Wasserwirbel, nicht bemerklich machen konnte. Ich habe den letzteren Grund für den wahrscheinlicheren gehalten und danach die Curven interpolirt.

So zeigte sich, wie es auch zu erwarten war, dass $\zeta$ von einem kleinsten Werthe an nach beiden Seiten zu wächst, und zwar nach einer parabolisch verlaufenden Curve. Dieselbe ist allerdings in einigen Fällen ganz entschieden unsymmetrisch, weil die Contractionen des Wassers bei gleicher Abweichung von der günstigsten Eintrittsrichtung auf beiden Seiten wesentlich verschieden sind. Fig. 5 und 6 sollen die Art der Bewegung dem Wesen nach veranschaulichen; die horizontal schraffirten Flächen bedeuten darin das den contrahirten Strahl umgebende todte Wasser. Die hauptsächlichsten Widerstände sind da zu suchen, wo sich der bewegte Strahl nach einer Stelle stärkster Contraction wieder ausbreitet und anlegt, wo also die Geschwindigkeit des Wassers abnimmt. Eine Berücksichtigung dieser Unsymmetrie würde aber eine weitere Nachrechnung von Turbinen äusserst umständlich, wo nicht ganz unmöglich machen. Ich habe sogar geglaubt, in eine empirische Gleichung der Curve die Geschwindigkeiten aus diesem Grunde in keiner höheren als der zweiten Potenz hinein nehmen zu sollen. Dann ergab sich die Curve angenähert als eine Parabel zweiter Ordnung mit verticaler Axe. Zu ihrer Bestimmung sind drei Stücke nöthig: die Lage des Scheitels, also der günstigste relative Eintrittswinkel $\alpha_0$, der kleinste Werth des Widerstandscoefficienten $\zeta_0$ und der Parameter der Parabel $\mu$. Dann ist:

$$\zeta = \zeta_0 + \mu (\operatorname{tg} \alpha_r - \operatorname{tg} \alpha_0)^2 \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Die auf dem Wege eines umständlichen Probirens aus der graphischen Darstellung gefundenen Werthe von $\alpha_0$ und $\mu$ sind in der Tabelle bei jedem Canal angegeben.

Was zunächst den günstigsten relativen Eintrittswinkel $\alpha_0$ anbetrifft, so zeigt sich derselbe durchaus nicht gleich dem Winkel der Schaufeltangente an der Eintrittsstelle. Die Abweichung steigt bei Canal VIII bis über 60°. Es ist das als eine Folge der vorhin erwähnten eigenthümlichen Contractionen anzusehen, welche bei genauem Eintritte stärkere Wiedererweiterungen und grössere Widerstände veranlassen. Von wesentlichem Einflusse ist dabei auch die Art der Aenderung des Canalquerschnittes. Die Verhältnisse sind aber so verwickelte, dass eine Berechnung der Abhängigkeit des Werthes von $\alpha_0$ von den Dimensionen des Canals nicht möglich ist. Man muss daher, wie in der angewandten Hydraulik immer, zu empirischen Formeln seine Zuflucht nehmen. Dann lässt sich $\alpha_0$ mit ganz befriedigender Uebereinstimmung durch den Ausdruck

$$\alpha_0 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{5} - 30 \frac{e_2 - e_1}{e_1} \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

darstellen, in welchem sämmtliche Winkel in Graden einzusetzen sind. $\alpha_0$ scheint übrigens in geringem Masse von der Druckhöhe $h$ abhängig zu sein, ändert sich aber nur so wenig mit derselben, dass eine Berücksichtigung dieses Umstandes nicht nöthig erschien.

Ebenso wenig wie bei $\alpha_0$ ist bei $\mu$ eine directe Berechnung möglich. $\mu$ ändert sich natürlich auch von Canal zu Canal und scheint gleichfalls, aber auch nur in sehr geringem Grade, vom Druck abhängig zu sein. Ich habe auch diese Veränderlichkeit nicht berücksichtigen zu sollen geglaubt, $\mu$ also für jeden Canal constant angenommen. Dann werden die, sämmtlichen verschiedenen Druckhöhen entsprechenden Curven $\zeta = f(\operatorname{tg} \alpha_r)$ für jeden Canal unter sich congruent, und das kommt schliesslich auf die entschieden zulässige Annäherung heraus, dass auch die ursprünglich ermittelten Curven $\zeta = f(h)$ je unter sich congruent seien. Für $\mu$ eine gleich gut stimmende empirische Formel zu finden wie für $\alpha_0$, ist mir nicht gelungen; es entfernt sich auch in einigen Fällen die angenommene Parabel zu sehr von der wirklichen Curve. Will man möglichst viele Canäle berücksichtigen, so genügt der Ausdruck

$$\mu = \frac{0{,}066}{0{,}375 + \operatorname{tg} \alpha_0} \frac{\varrho \cos \alpha_2}{i'} \left(\frac{e_2}{e_1}\right)^2 \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

nur den Canälen VII und VIII gar nicht, den übrigen aber leidlich. Begnügt man sich dagegen mit einer Uebereinstimmung bei denjenigen Canälen, welche innerhalb der gewöhnlichen Grenzen der Anwendung liegen, so entspricht die Formel

$$\mu = \left(\frac{e_2}{e_1} \frac{\varrho}{i'}\right)^2 (0{,}1800 - 0{,}0021\, \alpha_1^0)^2 \quad . \quad . \quad (12)$$

den Canälen I bis IV gut, V bis VII leidlich, VIII und IX dagegen gar nicht mehr. In beiden Formeln dürfte man übrigens unbedenklich anstatt der lichten Weite $i'$, gemessen am Umfange, die Theilung an der Eintrittsstelle setzen.

In der letzten Columne der Tabelle sind die graphisch interpolirten Werthe von $\zeta_0$ enthalten. Diese sind nun in hohem Grade von der Druckhöhe abhängig, und zwar nach einem Gesetze, ähnlich dem der Curven $\zeta = f(h)$. Sehr gute Annäherung ergiebt für diese Curven die Gleichung einer Hyperbel. Es genügt aber auch eine geneigte Gerade von der Gleichung:

$$\zeta_0 = a - b h \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13).$$

Die aus der graphischen Interpolation nach der Methode der kleinsten Quadrate berechneten Werthe von $a$ und $b$ sind in der Tabelle bei jedem Canal hinzugefügt. Für die beiden Weisbach'schen Canäle*) fand sich auf rein graphischem Wege für den nach

Fourneyron $a = 0{,}0670$ $b = 0{,}0148$
Jonval $a = 0{,}0850$ $b = 0{,}0111$.

Der Werth von $b$ lässt sich aus meinen Versuchen mit guter Uebereinstimmung, ausser bei Canal II, setzen

$$b = 0{,}008\left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14);$$

die beiden Geraden bei Weisbach verlaufen dagegen viel steiler. Bei den letzteren Canälen muss sich aber das Gesetz der Curve sehr bald ändern, bei meinen allerdings später auch, damit die Werthe von $\zeta_0$ nicht negativ werden.

Für den Werth der Constanten $a$ in Gl. (13) konnte ich dagegen durchaus keine genügend stimmende Formel finden. Der Grund dürfte namentlich in der Ungenauigkeit der Apparate liegen, da es natürlich, trotz möglichster Sorgfalt bei der Anfertigung, nicht gelungen war, die auf einander kommenden Endflächen der Canäle (s. Fig. 4) vollkommen congruent zu machen. Dieser Fehler muss den Widerstand in der Nähe des günstigsten Eintrittes unter Umständen bedeutend vergrössern, während er weiterhin immer mehr zurücktreten wird. Die Weisbach'schen Canäle ergeben ferner, verglichen mit meinen angenähert ähnlich geformten, $a$ erheblich kleiner, so dass dieser Werth auch von der absoluten Grösse der Canäle abhängig zu sein scheint, da Weisbach's Canäle in grösserem Massstabe ausgeführt waren als die meinigen. Aus diesen Gründen habe ich auf die Aufstellung einer empirischen Formel für $a$ verzichtet. Die erwähnte Ungenauigkeit beeinflusst übrigens auch den Werth von $\mu$.

Will man den Werth von $\zeta_0$ doch bei Nachrechnung von Turbinen benutzen, so würde ich für einstweilen vorschlagen, $b$ nach Gl. (14) zu bestimmen; die Gerade wird dann jedenfalls nicht zu steil und $\zeta_0$ nicht zu klein. $a$ dagegen muss gewählt werden und zwar etwa zwischen den Grenzen 0,06 bis 0,20, da der Werth bei meinem Canal I wol übermässig gross ist. Für diese Wahl glaube ich aber aus meinen Versuchen doch folgern zu können, dass $a$ mit wachsendem Austrittswinkel $\alpha_2$ oder mit abnehmendem Krümmungshalbmesser $\varrho$, ebenso mit wachsendem Eintrittswinkel $\alpha_1$ wächst; eine Erweiterung des Canals nach unten vergrössert $a$ auch, angenähert etwa im Verhältnisse der beiden Canalbreiten.

Die Anwendung der gefundenen Resultate auf die Nachrechnung einer vorhandenen Turbine müsste nun in der Art erfolgen, dass man zunächst die Constanten $\alpha_0$, $\zeta_0$, $\mu$ bestimmt. Dann wird auf Grund der Gl. (5), (8), (9) die im Ganzen im Canal verlorene Druckhöhe:

$$h_r = \left[\zeta_0 + \mu\left(\frac{w}{c\cos\alpha} - \operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha_0\right)^2\right]\frac{c_2^2}{2g} \quad (15)$$

bestimmt. Führt man das Quadrat aus und bezeichnet die constanten Coefficienten kurz mit $\varkappa$, $\lambda$ und $\zeta_s$, wobei der letzte Werth die Canalwiderstände beim Stillstande bedeutet, so wird auch:

$$h_r = \left[\zeta_s + \varkappa\left(\frac{w}{c}\right)^2 - 2\lambda\left(\frac{w}{c}\right)\right]\frac{c_2^2}{2g} \quad . \quad . \quad (16).$$

Dieser Werth würde in der Redtenbacher'schen genauen Theorie an die Stelle derjenigen Druckhöhenverluste treten, welche den sogenannten „Stoss am Eintritte" und die Canalreibung einführen. Im Uebrigen müsste man im Wesentlichen ganz den Redtenbacher'schen Weg einschlagen. —

Mit den im Vorstehenden mitgetheilten Versuchen halte ich die Frage nach den Widerständen des Wassers bei seiner Bewegung durch die Canäle einer Vollturbine durchaus nicht für abgeschlossen, im Gegentheil nur für angeregt. Laboratoriumsversuche in einem Massstabe, wie er mir durch die verfügbaren Hilfsmittel geboten war, lassen allerdings wol das Wesentliche des Vorganges feststellen. In dieser Hinsicht ergiebt sich mir die Unhaltbarkeit der gebräuchlichen Auffassung, dass die Wasserelemente den Schaufeln genau folgen, und dass also stets sämmtliche Querschnitte der Laufradcanäle vollständig mit bewegtem Wasser *angefüllt* seien. Vielmehr muss ich annehmen, wie es Redtenbacher übrigens für stärker gekrümmte Canäle auch thut, dass das Wasser den Schaufeln im Allgemeinen nicht folgt, sondern sich an der inneren Seite durch Ablenkungen des Strahles von denselben entfernt, den Zwischenraum mit todtem, wirbelndem Wasser ausgefüllt lassend. Ferner muss ich aus meinen Versuchen schliessen, dass die günstigste relative Eintrittsrichtung im Allgemeinen nicht mit der genauen zusammenfällt, wenn auch bei den gewöhnlichen Verhältnissen der Vollturbinen die Abweichung keine besonders grosse ist.

Dagegen ist es sehr leicht möglich, dass die gefundenen Constanten für die Nachrechnung einer eigentlichen Turbine noch werden geändert werden müssen; vielleicht muss das sogar mit der Gestalt der aufgestellten empirischen Formeln geschehen. Zuverlässige Resultate lassen sich nur aus zahlreichen Versuchen an ausgeführten Turbinen herleiten; die Bremsproben müssten aber über alle Geschwindigkeiten vom Stillstande bis zum Leergang ausgedehnt werden. Einem Einzelnen dürfte es jedoch kaum möglich sein, sich selbst ein genügend umfangreiches Versuchsmaterial zu beschaffen. Es würde mich daher freuen, wenn diese Mittheilung Veranlassung geben würde, derartige Versuche anzustellen und dieselben auch mit Angabe der einschlagenden Constructionsverhältnisse zu veröffentlichen.

*) Bei diesen Canälen erfolgte der Eintritt allerdings genau; bei denselben ist aber die günstigste Eintrittsrichtung jedenfalls nur wenig von der genauen verschieden, so dass man die directen Versuchsresultate unbedenklich zur Bestimmung von $\zeta_0$ benutzen kann.

# Vermischtes.

## Continuirlich wirkender Apparat zur Destillation ammoniakhaltiger Flüssigkeiten.

(Patent Grüneberg.)

(Hierzu Fig. 4 bis 6, Tafel XVI.)

Der nachstehend beschriebene Apparat ist vornehmlich bestimmt zur Destillation des in den Gasfabriken erhaltenen Ammoniakwassers, kann aber auch zur Destillation anderer ammoniakhaltender Flüssigkeiten dienen.

Das Princip des Apparates ist:

1) Gewinnung der in den ammoniakalischen Flüssigkeiten enthaltenen flüchtigen Ammoniakverbindungen ohne Kalk.
2) Gleichzeitige Gewinnung der nicht flüchtigen Verbindungen durch Zerlegung derselben mit Kalk.
3) Verhütung der Zerstörung des Apparates durch Kalkanbrände und Schwefelniederschläge.
4) Continuirliche Fabrikation.

Der in Fig. 4 bis 6, Taf. XVI dargestellte Apparat besteht aus einem Destillirkessel *A*, einem Rectificator *B*, einem Kühlapparat *C*, letzterer verbunden mit einem Absorptionsgefässe *D* und einer hydraulischen Absperrung *E*.

Der Destillirkessel *A* ist ein aufrechtstehender cylindrischer Kessel, mit einer concentrischen, inneren Abtheilung *a*, welche den unteren Boden des Kessels durchbricht und sich unterhalb desselben fortsetzt. Der Kessel ist mit einem gewölbten Boden geschlossen und letzterer mit einem Ablasshahn *f* versehen, der zum Entfernen der Unreinigkeiten des durch das Rohr *e* in den Cylinder *a* eingeführten Kalkes sowie zum Entfernen des in demselben gebildeten Gypses dient. In der Abtheilung *a* hängt concentrisch das Rohr *b* bis hinunter zu dem cylindrischen Ansatze derselben. Dieses Rohr *b* ist unten geschlossen and mit Abflussröhrchen *t*, *t* versehen; es ist mittelst eines bei *d* durch eine Reihe von Oeffnungen durchbrochenen Kragens *e* mit dem Hauptkessel *A* verbunden. In dem genannten cylindrischen Ansatze befindet sich ein kleiner Rührapparat *s*, bestimmt, den durch *e* eingeführten Kalk in innige Berührung mit der durch die Röhrchen *t*, *t* aus dem inneren Rohr *b* herabkommenden, von flüchtigen Ammoniakverbindungen befreiten Flüssigkeit zu bringen. Der Kessel *A* hat ein Abflussrohr *h*, welches ausserhalb des Apparates in dem cylindrischen Gefäss *i* hydraulisch abgesperrt ist, und ausserdem einen Ablasshahn *q*, welcher seine vollständige Entleerung ermöglicht.

Auf dem Destillirkessel *A* ist ein Rectificator bekannter Construction befestigt, welcher auch durch einen mit Coks oder dergleichen gefüllten Scrubber ersetzt werden kann; derselbe ist durch das Rohr *k* mit dem Kühlapparat *C* verbunden; letzterer wird aus dem Reservoir *F* gespeist. Das Rohr *l* dient zur Ueberführung des in *C* erwärmten Wassers nach dem Rectificator.

Der Gang der Operation ist nun folgender: Die rohe Ammoniakflüssigkeit fliesst aus dem Bassin *F* in das Kühlgefäss *C* und von hier mittelst des Rohres *l* durch den Rectificator *B* in das absteigende Rohr *b* des Destillirkessels *A*. Am Boden des Einsatzes *a* dieses Kessels trifft sie herabfliessend durch die Röhrchen *t*, *t* mit der dort befindlichen Kalkmilch zusammen und wird hier zerlegt; eine Reaction, welche durch zeitweilige Bewegung des kleinen Rührapparates *s* unterstützt wird. Die nun freies Ammoniak haltende Flüssigkeit steigt dann in dem zu *b* concentrischen Cylinder *a* auf und fliesst an dessen oberem Rande über in den Hauptkessel *A*. Aus diesem wird dieselbe dann durch das Rohr *h* am Boden abgeführt, nachdem das Ammoniak daraus ausgetrieben ist.

Die in dem Kessel *A*, welcher vom Roste *r* aus geheizt wird, entwickelten Dämpfe treten durch die Oeffnungen *d*, *d* in den Rectificator und von hier aus durch das Rohr *k* entweder in den beschriebenen Kühlapparat *C*, welcher zugleich Dämpfe und Gase von einander scheidet, oder, wenn es sich um Darstellung von schwefelsaurem Ammoniak handelt, in ein Bleigefäss mit Schwefelsäure. In ersterem Falle fliesst die in *C* condensirte Ammoniaklauge durch das Rohr *m* in das, dasselbe hydraulisch absperrende Gefäss *E*, woraus sie durch *n* abfliesst. Das Röhrchen *o* leitet die nicht condensirten Dämpfe in das ausgebleite und mit Schwefelsäure gefüllte Gefäss *D*, aus welchem die nicht absorbirten Gase durch *p* in die Feuerung geleitet werden.

# Technische Literatur.

## Bauwesen.

**Handbuch der Fundirungsmethoden** im Hochbau, Brückenbau und Wasserbau. Zum Gebrauche für Architekten, Ingenieure, Baumeister, Bauunternehmer und technische Lehranstalten. Herausgegeben von Ludwig Klasen, Civil-Ingenieur and Architekt in Wien. Mit 166 Holzschnitten und 6 lithographirten Tafeln. 176 S. gr. 8. (Preis 18 *M.*) Leipzig, 1879. Baumgärtner. —

Das vorliegende Buch bringt eine, wenn auch nicht gerade kritische, so doch sehr reichhaltige und übersichtlich geordnete Zusammenstellung der vielfach in der technischen Literatur verstreuten Mittheilungen über Ausführung und zum Theil über Herstellungskosten von Fundirungen der Bauwerke, hauptsächlich der Brückenpfeiler. Gerade durch die Heranziehung der meisten irgendwie wichtigen oder interessanten Fälle giebt es dem Leser in fast allen Fällen Auskunft über die Mittel, welche unter verschiedenen Vorkommnissen mit Vortheil zum Ziele geführt haben. Sauber in Holzschnitt oder Lithographie ausgeführte Zeichnungen erleichtern wesentlich das Verständniss des Vorgetragenen.

Zunächst behandelt der Verfasser die Erscheinungen, welche der zur Verfügung stehende Baugrund darbietet und die Mittel zur Untersuchung desselben. Anschliessend folgen die Verfahrungsarten zur Umschliessung und Trockenlegung der Baugrube, sodann die bei Fundirungen verwendeten Maschinen und Apparate, als Schöpfmaschinen, Bagger, Taucherapparate, Maschinen zum Eintreiben und Abschneiden der Pfähle, zur Herstellung und zum Versenken von Beton. Die Materialien zu letzterem werden im folgenden Abschnitte genauer betrachtet und dann die Herstellung der Spundwände und Fangedämme besprochen.

Die eigentlichen Fundirungsarbeiten bilden den Gegenstand des nächsten umfangreichsten Abschnittes; es werden darin die Gründungen auf Sand-, Stein- und Betonschüttung besprochen, die Fundirungen auf Pfahlrosten und auf Senkbrunnen beschrieben, endlich die Fundirungen mittelst Caissons und namentlich unter Anwendung der pneumatischen Methode des Näheren abgehandelt. R. Z.

**Die Canalfrage und die Rheincorrection zwischen Basel und Mannheim.** Von M. Honsell, grossherzogl. badischer Baurath. 28 S. Berlin, 1878. Julius Springer. —

Die vorliegende Broschüre wendet sich hauptsächlich gegen die auch von uns in Bd. XXI, S. 46 angezeigte Abhandlung eines ungenannten Verfassers, in welcher namentlich die seit einer Reihe von Jahren vorgenommene Regulirung des Oberrheins als eine verfehlte bezeichnet und die Anlage eines Parallelcanals bis Ludwigshafen als richtiges Auskunftsmittel vorgeschlagen wurde, sowie gegen eine Broschüre des Prof. Dünkelberg, welche, z. Th. auf die Angaben der vorbezeichneten Arbeiten fussend, ebenfalls zu dem Vorschlage einer Canalisirung sowol auf dem badischen wie auf dem elsassisch-bayerischen Rheinufer gelangt. Beide Arbeiten gaben wiederum die Unterlage zu Aufstellungen in einem Referat des Generalsecretärs des deutschen Landwirthschaftsrathes und damit die Veranlassung zu der in der vorliegenden Broschüre enthaltenen Widerlegung der in jenen Arbeiten enthaltenen unrichtigen Voraussetzungen und Angaben. Der Verfasser führt kurz, klar und übersichtlich an, welchen Zweck die bisherige Rheincorrection namentlich für die Sicherung der Ufergelände eigentlich gehabt hat, und welche Resultate bis jetzt durch dieselbe erzielt worden sind. R. Z.

**Vorträge über Brückenbau,** gehalten an der k. k. technischen Hochschule in Wien von Dr. E. Winkler, ord. Prof. für Eisenbahn und Brückenbau. Hölzerne Brücken I. Heft. Balkenbrücken. Mit 225 Holzschnitten. 150 S. (Preis 6 *M.*) Wien, 1877. Carl Gerold's Sohn. —

Wenn auch durch den Bau eiserner Brücken in der Neuzeit etwas beschränkt, kommt doch die Verwendung von Holz zu Brückenbauten noch hinreichend oft vor, um bei den Vorträgen über Brückenbau eine gesonderte Betrachtung zu verdienen.

In dem vorliegenden Hefte werden als Einleitung zunächst die physikalischen sowie die Festigkeits- und Elasticitätseigenschaften der zum Bau verwendeten Hölzer aufgeführt und die Formeln für die zulässige Inanspruchnahme derselben aufgestellt. Weiter folgt dann die Beschreibung der an Brücken gebräuchlichen Verbindungen von Hölzern mit und ohne Zuhilfenahme von eisernen Verbindungstheilen unter Anführung der in der Praxis üblichen Abmessungen. Weiter schliesst sich die Betrachtung der Fahrbahn für Eisenbahn- und Strassenbrücken an, ihre Construction und die Belastungen, welche sie den tragenden Theilen auferlegen.

Der übrige Theil des Inhaltes der vorliegenden Lieferung ist der Besprechung dieser tragenden Construction und speciell der Balkenbrücken gewidmet und werden hier nach einander die einfachen und verstärkten Balkenbrücken, die Brücken mit verzahnten und verdübelten Balken und endlich die Klötzelholzbrücken besprochen und berechnet. Mehrfach sind hierbei die provisorischen Constructionen herangezogen, wie sie zum Ersatz zerstörter Steinbrücken in Kriegszeiten Verwendung fanden. Als Anhang finden wir eine Tabelle, welche die unter verschiedenen Verhältnissen für Strassen- und Eisenbahnbrücken der besprochenen Systeme zulässigen grössten Spannweiten enthält.

Betreffs der Darstellung können wir nur unsere mehrfach ausgesprochene Anerkennung an dieser Stelle wiederholen. R. Z.

---

**Constructionsdetails für schmiedeeiserne Brücken.** Herausgegeben von Adolf v. Gabriely, o. o. Prof. an der k. k. technischen Hochschule in Graz. Mit 84 autographirten Tafeln. 38 S. Folio. Graz, 1879. Leuschner und Lubensky. —

Das vorliegende Heft ist eigentlich ein Skizzen- und Notizbuch, wie der Techniker es sich aus eigenen Anschauungen und Mittheilungen in der Literatur zusammenzustellen pflegt, nur dass hier das Material mit Sachkenntniss gewählt und in systematischer Reihenfolge angeordnet ist. Die 84 sauber autographirten Blätter bringen, ohne gerade Wiederholungen zu enthalten, eine reiche Sammlung von Skizzen zu Details schmiedeeiserner Brücken, Gurtungen, Streben, Verticalen, Querverband, Auflager und Einrichtung der Fahrbahn mit eingeschriebenen Massen und entsprechenden Hinweisungen auf zugehörige Zeichnungen anderer Details derselben Brücke. Der Text enthält neben den zu den Skizzen gehörenden Notizen Mittheilungen und Regeln für die Construction, Gewichtsbestimmungen u. s. w.

Die Sammlung wird daher nicht nur, wie der Verfasser voraussetzt, seinen Zuhörern eine brauchbare Grundlage für die Vorträge bieten, sondern auch dem in der Praxis stehenden Constructeur vielfach brauchbare Auskunft geben.

R. Z.

---

**Die Arbeiter-Wohnhäuser** in ihrer baulichen Anlage und Ausführung sowie die Anlage von Arbeitercolonien. Herausgegeben von Ludwig Klasen, Architekt und Ingenieur in Wien. Mit 66 Holzstichen, 71 S. (Preis 1,20 *M.*) Leipzig, 1879. Karl Scholtze. —

Nach einer historischen Einleitung über die Entwickelung der Frage der Arbeiterwohnungen in den verschiedenen Ländern, über die Thätigkeit von Werksbesitzern und Genossenschaften, über die in verschiedenen Fällen erzielten Resultate kommt der Verfasser zur Beschreibung ausgeführter Anlagen nach dem System der Einzelhäuser, Häusergruppen und Häuserreihen mit Einzelwohnungen, endlich der Arbeiterkasernen und der Arbeiterwohnungen in grossen Städten. Bei sämmtlichen Arten werden die Vertheilung, Anordnung und Grösse der Räume besprochen, die Herstellungskosten angegeben, sowie die Vor- und Nachtheile der Bauweise besprochen. Ein weiteres Capitel behandelt die für billige und einfache Bauten zu verwendenden Materialien, im Anhange wird die schon ziemlich reichhaltig gewordene Literatur über Arbeiterwohnungen aufgeführt.

Das kleine Buch, welches das 46. Bändchen der von der Verlagshandlung herausgegebenen „Deutschen bautechnischen Taschenbibliothek“ bildet, verdient seines anregenden Inhaltes wegen alle Beachtung. R. Z.

---

**Ueber natürliche Ventilation und die Porosität der Baumaterialien** von C. Lang, Assistent für Physik an der königl. technischen Hochschule in München. Mit 1 lithogr. Tafel. 119 S. (Preis 3,60 *M.*) Stuttgart, 1877. Meyer & Zeller. —

Der Verfasser beginnt die Besprechung seines eigentlichen Themas auf S. 59. Die vorangehenden Abschnitte bringen zwar recht interessante Mittheilungen über die Zusammensetzung der Luft, die Beurteilung ihrer Güte nach dem Kohlensäuregehalt, Kohlensäurebestimmungen und die Berechnung der erforderlichen Zufuhr von frischer Luft, scheinen uns aber mehr vor einem allgemeinen Lehrbuche über Ventilation am Platze zu sein als vor einer Abhandlung über einen ganz bestimmten Theil der Materie.

Bezüglich der natürlichen Ventilation werden zunächst die Motoren derselben besprochen: Temperaturdifferenz und Diffusion sowie der Einfluss des Windes, unter welchen den letzteren die grösste Bedeutung zugeschrieben wird; sodann die Wege der natürlichen Ventilation abgehandelt. Unter diesen werden die zufälligen Spalten und Ritzen nur erwähnt, dagegen die Porosität der Baumaterialien einer längeren Betrachtung unterzogen. Der Verfasser bringt eine äusserst reichhaltige Zusammenstellung der Versuchsresultate, zum Theil selbst beobachteter, welche für verschiedene Materialien an einzelnen Stücken wie an ganzen Mauern unter Beobachtung der Mauerstärke und des Ueberdruckes der Gase erhalten sind, den Einfluss von Anstrichen, Tapezierung u. A. m. Die Hauptresultate der Beobachtungen werden am Schlusse übersichtlich zusammengestellt.

Als Anhang finden wir noch die Abweisung einer Kritik über die Broschüre „über Heizung und Ventilation von Eisenbahnwagen“ von Lang & Wolffhügel, und können endlich das Buch als eine schätzenswerthe Ergänzung zu den verschiedenen Büchern über Ventilation, welche das behandelte Thema weniger ausführlich bringen, bestens empfehlen.

R. Z.

---

## Eisenbahnwesen.

**Eisenbahn-Unter- und Oberbau** von Franz Rziha, Ober-Ingenieur u. s. w. Drei Bände mit 318 Holzschnitten und 19 lith. Tafeln. Dritter Band. 190 S. und XVII Tafeln. (Preis 6 *M.*) Wien, 1877. K. k. Hof- und Staatsdruckerei. —

Der dritte Band dieses erweiterten Berichtes über den Eisenbahn-Unter- und Oberbau auf der Wiener Ausstellung behandelt den Oberbau und in seinem ersten Abschnitt zunächst die Gleisanlagen. Der Oberbau mit hölzernen Schwellen ist naturgemäss auf wenigen Seiten abgethan, ebenso nehmen die Steinunterlagen nur wenig Raum in Anspruch; desto ausführlicher sind aber die verschiedenen Systeme des eisernen Oberbaues, welche sowol nach den Querschwellen- als auch dem Langschwellensystem schon auf der Ausstellung reichlich vertreten waren, beschrieben und durch Zeichnungen bis in ihre Details erläutert. Neben den ausgestellten Constructionen werden aber auch die sonst noch in Betrieb gekommenen Einrichtungen betrachtet, namentlich das System von Battig-de Serres eingehender besprochen.

Zum Gleisbau gehören aber auch die Maschinen und Apparate zur Herstellung des Bettungsmaterials und zum Biegen und Richten der Schienen, welche ebenfalls Beachtung finden.

Im zweiten Abschnitte finden wir dann die Fahrrichtungsanlagen, Weichen beziehungsweise Apparate zur centralen Stellung derselben, Weichensignale und Blockapparate, sowie Drehscheiben und Schiebebühnen.

Die Darstellung ist, wie schon bei Besprechung des II. Bandes hervorgehoben, eine klare und in die Sache eindringende. R. Z.

**Vorträge über Eisenbahnbau**, gehalten an verschiedenen deutschen polytechnischen Schulen, begonnen von Dr. E. Winkler. Drittes Heft: Schiebebühnen und Drehscheiben. Von Dr. W. Fränkel, ord. Prof. für Ingenieurwissenschaften am königl. Polytechnikum in Dresden. Zweite verbesserte Auflage. Mit 115 Holzschnitten und 14 lithogr. Tafeln. 190 S. (Preis 10 *M.*) Prag, 1877. H. Dominicus. —

Wir hatten schon bei Besprechung früherer Lieferungen (Bd. XX, S. 480 d. Z.) Gelegenheit, auf die Gesichtspunkte hinzuweisen, nach welchen die Mitarbeiter an der in der Ueberschrift genannten Sammlung von Lehrvorträgen ihren Stoff behandeln. In derselben Weise sind auch die, in zweiter Auflage vorliegenden Vorträge über Schiebebühnen und Drehscheiben von Dr. W. Fränkel durchgeführt.

Nach Feststellung der allgemeinen Begriffe und der Anforderungen, welchen die besprochenen Apparate zu genügen haben, werden für die einzelnen Theile die darauf einwirkenden Kräfte und Momente bestimmt und aus diesen die Abmessungen der Theile rechnungsmässig unter Zugrundelegung von der Praxis entnommenen Voraussetzungen ermittelt. Den ersten Abschnitt bilden die Schiebebühnen, sowol versenkte, als auch solche ohne Laufgrube, den zweiten die Drehscheiben. Im Anhange ist ein ausführliches Literaturverzeichniss gegeben. R. Z.

**Der einspurige Zwillingstunnel**, seine Bedeutung im Eisenbahnbau und seine Ausführung. Von den Ingenieuren H. Grandjean und H. Williams. Mit 9 lithogr. Tafeln. 24 S. (Preis 2 *M.*) Zürich, 1878. Orell Füssli & Co. —

Das im gegebenen Falle bei Eisenbahnanlagen mehrfach befolgte Princip, die Bauwerke zunächst für nur ein Gleis fertig zu stellen und die für das zweite erforderlichen nur so weit vorzubereiten, dass deren zukünftige Vollendung ohne Schwierigkeiten und Betriebsstörungen bewirkt werden kann, wollen die Verfasser des vorliegenden Schriftchens, welches das 15. Heft der „Technischen Mittheilungen des schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereines" bildet, auch auf die Herstellung der Tunnels angewandt wissen.

Zu diesem Zwecke soll die Tunnelanlage aus zwei neben einander liegenden Tunnels mit gemeinschaftlichem Widerlager in der Mitte bestehen, von denen vorläufig nur der eine fertig gestellt, das gemeinschaftliche Widerlager aber gleich zur Aufnahme der Wölbung des zweiten Tunnels vollständig hergerichtet wird. Dasselbe erhält gleichzeitig in Abständen von etwa 100$^{m}$ überwölbte Durchbrechungen. Bei erforderlich werdender Herstellung des zweiten Tunnels wird dann zunächst ein Firststolln vorgetrieben und von diesem aus Durchschläge nach den Oeffnungen der Mittelmauer hergestellt, um so bequem das Ausbruchmaterial auf dem Gleise des ersten Tunnels entfernen zu können. Der weitere Ausbau des Tunnels ist in der Broschüre eingehender beschrieben und durch Zeichnungen erläutert. Dass der erstangelegte einspurige Tunnel sich bedeutend billiger stellt und schneller fahrbar wird als ein doppelgleisiger, ist natürlich; die Verfasser weisen aber auch an einem ausführlich durchgerechneten Beispiele nach, dass der Bau des Zwillingstunnels geringere Kosten verursacht als der des einfachen zweigleisigen. Letzteres dürfte aber wol in jedem gegebenen Falle einer besonderen Calculation bedürfen, wie auch festzustellen wäre, ob etwaige Sprengarbeiten bei dem Bau des zweiten Tunnels nicht einen nachtheiligen Einfluss auf das Mauerwerk des erstgebauten ausüben. R. Z.

## Maschinenbau.

**Allgemeine Maschinenlehre.** Ein Leitfaden für Vorträge sowie zum Selbststudium des heutigen Maschinenwesens mit besonderer Berücksichtigung seiner Entwickelung. Für angehende Techniker, Cameralisten, Landwirthe und Gebildete jeden Standes. Von Dr. Moritz Rühlmann, Prof. an der königl. preuss. polytechnischen Schule zu Hannover. Dritter Band. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 469 Holzschnitten. 596 S. (Preis 15 *M.*) Braunschweig, 1877. Schwetschke & Sohn. —

Bereits bei Besprechung des ersten Bandes in Bd. XX, S. 485 d. Z. konnten wir anführen, dass die neue Auflage des vorliegenden Werkes in umfassender Weise die neueren Erscheinungen und Erfahrungen in den betr. Gebieten des Maschinenwesens sich zu eigen gemacht habe. Auch in dem vorliegenden Bande ist dies in fast allen Abschnitten in reichem Masse der Fall, nicht nur in den historischen Einleitungen, welche überhaupt dem Werke seinen eigenthümlichen Werth verleihen, sondern auch in dem technischen Material desselben. Hierbei hatte sich der Verfasser des bereitwilligsten Entgegenkommens von Behörden und Fachgenossen zu erfreuen.

Der dritte Band enthält die Maschinen zur Fortbewegung von Körpern und bespricht zunächst die Vorrichtungen zum Fortschaffen von Lasten auf gewöhnlichen Strassen, beginnend mit den primitivsten Hilfsmitteln der Vorzeit und durchgeführt bis auf die vervollkommneten Einrichtungen unserer Tage. In den letzten Paragraphen werden die Strassenwalzen und die Strassenkehrmaschinen besprochen, was uns indessen als eine Inconsequenz erscheinen will. Denn sollten überhaupt die Arbeitsmaschinen, welche eine Ortsbewegung gestatten, hier Platz finden, so müssten mit demselben Rechte die fahrbaren landwirthschaftlichen Maschinen an dieser Stelle abgehandelt werden. Doch dies nur nebenbei.

Den weitaus grössten Raum nimmt die eingehende Besprechung der Eisenbahnfuhrwerke ein, welche zunächst mit Zuhilfenahme einer reichlichen Menge von Skizzen die passiven Fuhrwerke (Wagen), sodann die Locomotiven als active Fuhrwerke in systematischer erschöpfender Darstellung vorführt. Ihnen schliessen sich, als ebenfalls zum rollenden Material der Eisenbahnen gehörig, die Drehscheiben und Schiebebühnen an.

Eine wesentliche Bereicherung hat der Abschnitt über Maschinen und Apparate zum pneumatischen Transporte durch die Besprechung der Rohrpost-Anlagen erfahren.

Endlich bringen Nachträge noch einige während der Abfassung des Werkes dem Verfasser bekannt gewordene Notizen und Erfahrungen über die besprochenen Maschinen. R. Z.

## Dampfmaschinen.

**Die Corliss- und Ventil-Dampfmaschinen**, sowie die mit denselben zusammenhängenden Dampfmaschinensysteme mit und ohne Präcisionssteuerung. Mit Einschluss der neuesten Constructionen aller Länder, insbesondere der Dampfmaschinen der Pariser Weltausstellung 1878. Eine Darstellung der Entwickelung, Fortschritte und Constructionsprincipien dieser Systeme. Für Ingenieure, Maschinenfabrikanten, technische Schulen und Dampfmaschinenbesitzer herausgegeben von W. H. Uhland, Civil-Ingenieur u. s. w. Lieferung I. 40 S. 4., 10 Tafeln und 4 Skizzenblätter. (Preis 12 *M.*) Leipzig, 1878. G. Knapp. —

Seitdem der Vortheil allgemein anerkannt ist, welchen die Expansionsregulirung der Dampfmaschinen an Stelle der Drosselung gewährt, sind die Steuerungen mit constantem Füllungsgrad immer mehr verdrängt worden durch die Expansionsregulatoren oder Präcisionssteuerungen von sinnreicher Erfindung und vielfach praktischer Bewährung. Für jeden Techniker, welcher mit dem Studium, dem Bau oder Betriebe von Dampfmaschinen zu thun hat, ist das Studium jener Constructionen sehr zu empfehlen, daher ihm die hier in Rede stehende, mit vielem Fleiss und Geschick veranstaltete Sammlung eine willkommene Erscheinung sein muss. Nicht nur werden die bisher theils gar nicht, theils mangelhaft veröffentlichten Constructionen leicht zugänglich und übersichtlich, sondern sie sind auch so gezeichnet, dass sie als unmittelbare Quelle für Arbeitszeichnungen dienen können. Die Tafeln (335 × 460$^{mm}$ Bildgrösse) und die dem Text beigefügten Skizzenblätter sind nämlich sehr saubere photographische Verkleinerungen von grossen Originalzeichnungen mit eingeschriebenen Massen.

Dem Programm gemäss sollen die zur Darstellung gelangenden Constructionen die Dampfmaschinen mit Hahn-Flachschieber-Ventil-Kreisschiebersteuerung und combinirter Steuerung umfassen. Jeder Lieferung von 10 Tafeln ist ein Text in Quartformat von 5 Bogen beigegeben, welcher durch Holzschnitte unterstützt, in recht klarer Weise die Beschreibung und Entwickelung der verschiedenen Systeme bringt.

Schon jetzt, nachdem uns erst ein Theil des Werkes zugegangen ist, können wir dasselbe unsern Lesern empfehlen, uns vorbehaltend noch einmal darauf zurück zu kommen.
R. W.

---

**Dampfmaschinen.** Bericht über die Weltausstellung in Paris 1878 von A. Riedler, Constructeur an der k. k. techn. Hochschule in Wien. Mit 35 Figuren im Text und einem Atlas von 21 Tafeln. 98 S. (Preis 15 *M.*) Wien 1879. Faesy und Frick. —

Ein guter Bericht über eine Maschinenausstellung ist in mancher Beziehung belehrender als der Besuch derselben, bei welchem man häufig gerade die wichtigsten Theile ganz unzugänglich findet, und eine Zeichnung oder eine anderweitige nähere Erläuterung seitens der Aussteller vergeblich zu erlangen sucht. Zu eingehenderen Studien der ausgestellten Gegenstände gehört eben die Zeit und Gelegenheit, welche ein zur Berichterstattung Berufener zu haben pflegt.

Die vorliegende Arbeit ist eine solche, welche sich in würdiger Weise den allgemein und rühmlichst bekannten Berichten des Prof. Radinger in Wien über die Wiener Ausstellung 1873 und die in Philadelphia 1876 anreiht. Herr Riedler geht nur auf die Betriebsdampfmaschinen mit selbstthätig veränderlicher Expansion und die Fördermaschinen näher ein und trifft auch unter diesen eine gewiss dadurch gerechtfertigte Auswahl, dass an dem überwiegenden Theile der Ausstellungsmaschinen ein thatsächlicher Fortschritt nicht ersichtlich ist.

Auf die Einleitung machen wir zunächst aufmerksam. In derselben ist recht Beherzigenswerthes über vielfache Constructionsverirrungen gesagt, welche sowol der Unkenntniss als auch dem Streben nach Reclame entspringen. Voran steht dann das Vorbild der meisten heutigen Dampfmaschinen mit Expansionsregulirung, die Corliss-Maschine mit Rundschieber. Dann folgen die Flachschiebermaschinen und die Ventilmaschinen mit und ohne Ausklinkung, die letztere auch noch mit Daumenantrieb. Schliesslich spricht der Verfasser noch über den Werth von Indicatorversuchen im Allgemeinen, und berichtet im Besonderen über an Fördermaschinen genommene Diagramme, welche es begreiflich machen, dass solche Maschinen bis zu 150k Dampf pro Pferd und Stunde brauchen.

Eine werthvolle Zugabe ist auch noch der Ehrhardt'sche Canal-Schleppschieber (Patent Ehrhardt-Schmer in Malstatt-Saarbrücken), welcher halbe Füllung bei nicht zu früher Ausströmung und mässiger Compression ermöglicht. R. W.

---

## Technisches Zeichnen.

**Vorlagen zum geometrischen Musterzeichnen** für Gewerbe-, Fortbildungs- und Bürgerschulen, sowie zum Gebrauche für Gewerbtreibende, als Tischler, Schlosser, Bronzearbeiter, Maler u. s. w. Entwickelt und zusammengestellt für den Unterricht im gewerblichen Zeichnen an der städtischen Gewerbeschule zu Leipzig von Th. Schwartze. 32 Tafeln mit Text. (Preis 3 *M.*) Leipzig, 1878. A. H. Payne. —

Die vorliegenden Muster sind solche, welche ausschliesslich mit Hilfe von Zirkel und Lineal hergestellt werden können. Der Verfasser trägt zunächst in stufenweiser Fortschreitung die geometrischen Constructionen vor, deren Kenntniss für die Ausführung der späteren Zeichnungen erforderlich ist, und entwickelt dann aus den einfachsten Formen, meist aus Netzen in einem Quadrat mit Hilfe anderer Quadrate, des Sechseckes und des Kreises und aus Combinationen derselben eine ganze Reihe von Mustern, welche später zum Theil zu Flächen- und Bandmustern, Borten u. dgl. benutzt werden. Die mitgetheilten Beispiele werden ausreichen, den Uebenden zu eigener Zusammenstellung auch anderer Muster zu befähigen. R. Z.

---

## Verschiedenes.

**Die Patentgesetze in der Praxis.** Handbuch für Interessenten und Patentsucher in allen Ländern, mit einem Anhange über die wichtigeren Schemata. Von R. Schmidt. 89 S. (Preis 2,50 *M.*) Berlin, 1879. Polytechnische Buchhandlung. —

Das vorliegende Buch bringt in etwas ausführlicherer Form als die Sombart'sche Schrift eine Zusammenstellung der in den hauptsächlichen Industrieländern geltenden Bestimmungen über Nachsuchung, Ertheilung und Erhaltung sowie über die Dauer von Patenten, so dass mit Benutzung der im Anhange mitgetheilten Formulare jeder Techniker selbst im Stande ist, die zur Erlangung eines Patentes erforderlichen Schritte zu thun. R. Z.

---

**Löhnungstabellen** für Stundenlöhnung und für Tageslöhnung von A. E. Friedrich, Maurer- und Zimmermeister in Halle a/S. (Preis 50 Pf.) Halle. Ludw. Hoffsteter. —

Es sind dies zwei Plakate, deren eines die Lohnbeträge für 1 bis 70 Stunden und zum Satze von 5 bis 40 Pf. pro Stunde enthält, das andere die Werthe nach Vierteltagen bis zu 14 Tagen und zwar nach den Lohnsätzen von 0,50 bis 4 *M* aufführt, ein brauchbares Hilfsmittel für solche, welche an bestimmten Tagen und in kürzester Zeit grössere Lohnberechnungen aufzustellen haben. R. R.

---

**Hilfsbuch zur Anfertigung von Kostenberechnungen** im Gebiete des gesammten Ingenieurwesens von Georg Osthoff, Ingenieur. 390 S. (Preis 10 *M.*) Leipzig, 1879. G. Knapp. —

Der Verfasser giebt für den Umfang des Bau-Ingenieurwesens eine Zusammenstellung der Preise und Preisentwickelungen für Materialien, Werkzeuge und Geräthe, für Transporte, für einzelne Bauarbeiten und für ganze Ausführungen sowol überschläglich wie specialisirt, oder wenigstens an einigen ausgeführten Bauten besonderer Art nachgewiesen.

Es ist dies unseres Wissens der erste Versuch, ein derartiges Nachschlagebuch für das ganze Baufach zusammen zu stellen, und daher ist es natürlich, dass manches noch nicht an der richtigen Stelle steht, Zusammengehöriges getrennt (um nur eines anzuführen, die Gewichte von Flacheisen findet man im ersten, die von Blech im zweiten Abschnitt; in demselben findet man Ventilatoren gelegentlich der Feldschmieden, im fünften noch einmal bei den Schmiedefeuern) und Fremdes zusammengebracht ist. Indessen erleichtern ein ausführliches Inhaltsverzeichniss und ein eingehendes Sachregister das Auffinden der einzelnen Positionen, und spätere Bearbeitungen werden den wenigen Mängeln noch Abhilfe schaffen. In diesen möchten wir auch die Reductionstabellen für Metermass und die Tabellen der Trägheitsmomente als nicht zur Sache gehörig weggelassen sehen.

Im Allgemeinen aber hat das Buch einen reichen Inhalt und ist mit Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit gearbeitet.
R. Z.

---

**Technical vocabulary,** english and german. Technisches Vocabular für technische Lehranstalten und zum Selbststudium für Studirende, Techniker und Industrielle von Dr. F. J. Wershoven. Mit einem Vorwort von A. v. Kaven, Geh. Reg.- und Baurath u. s. w. in Aachen. 224 S. kl. 8. Leipzig, 1880. F. A. Brockhaus. —

In demselben Geiste wie das Bd. XXII, S. 80 von uns besprochene französisch-deutsche Wörterbuch ist auch das vorliegende englisch-deutsche abgefasst. Die gleiche systematische Anordnung des Stoffes wie dort, die Hinzufügung kurzer, häufig vorkommender Redensarten, die Verweisung auf zugehörige Wörter in anderen Capiteln. Mehrere dem Verfasser von Fachleuten ausgesprochene Wünsche haben bestens Berücksichtigung gefunden, so dass einige Abschnitte, namentlich beim Maschinenbau, noch reichhaltiger geworden sind als in dem französischen Wörterbuch.

Wir wollen noch hinzufügen, dass die Uebersetzung überall eine sachgemässe, der heutigen Ausdrucksweise der Praxis entsprechende ist, und auch damit das Büchelchen allen Fachgenossen bestens empfohlen haben. R. Z.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# ZEITSCHRIFT

DES

# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

**1879. Band XXIII. Heft 11. Novemberheft.**

## Abhandlungen.

### Wärmetheoretische Studien.

Von **Cl. Frhr. v. Bechtolsheim**, Ingenieur in München.

(Vorgetragen in der Versammlung des Bayerischen Bezirksvereines vom 28. März 1879.)

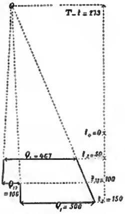
(Schluss von Seite 447.)

Die Dampfmaschine gestattet einen der idealen Maschine für gegebene Temperaturgrenzen offenbar ähnlichen Process, denn wir sehen, dass die Verdampfungswärme bei der höchsten in der Maschine vorkommenden Temperatur, der Verdampfungstemperatur, dem motorischen Körper übertragen wird, und dass die Erwärmung des Wassers zwischen den beiden Temperaturgrenzen geschieht. (Bis zur Temperatur des Abdampfes liesse sich das Speisewasser stets durch den Abdampf selbst erwärmen.) Es zeigt sich nun, dass das Verhältniss $Q_1 : Q_{12}$ d. i. das Verhältniss der Verdampfungswärme zur Erwärmungswärme bei der Dampfmaschine gleich ist dem Verhältniss $Gc(T_s - T_1 - t_d) : Gc(T_1 - T_2)$ bei mittlerem Brennmaterial, woraus folgt, dass bei mittlerem Brennmaterial die Dampfmaschine mit der idealen Maschine identisch ist. Bei ganz gutem Brennmaterial wäre die Verdampfungswärme besser etwas grösser, bei schlechtem kleiner. Da wir aber nicht so pedantisch sind, um für verschieden gute Brennmaterialien verschiedene motorische Körper zu beanspruchen, so werden wir den Satz dahin formuliren, dass die Dampfmaschine mit der idealen Maschine identisch ist. Es ist also keine Maschine im Stande, mehr zu leisten als die Dampfmaschine, wenn nicht weitere Temperaturgrenzen dabei ermöglicht werden.

Die Dampfmaschinen zerfallen in zwei Gruppen, solche mit und solche ohne Condensation. Bei den letzteren ist die untere Temperaturgrenze 100°, bei den ersteren aber etwa 50°. Es ist daher klar, dass die Condensation einen bedeutenden Vortheil bringt. Der durch dieselbe erzielte Vortheil beträgt etwa 40 pCt. Der Effectivvortheil aber ist nicht so gross, weil der Wirkungsgrad der Dampfmaschine als Maschine durch die weiteren Temperaturgrenzen abnimmt. Der Wirkungsgrad $\eta$ der Dampfmaschinen als Maschinen, ebenso wie der fast sämmtlicher anderen Wärmekraftmaschinen, der Heissluftmaschinen inbegriffen, beträgt ungefähr 50 pCt., eine gute Maschine vorausgesetzt.

Da man die Ansicht, die grosse Verdampfungswärme des Wassers sei schädlich, immer wieder auftauchen sieht, so mag es mir gestattet sein, über das Verhalten des Dampfes während der Expansion eine graphische Berechnung anzustellen und dabei zugleich die Brauchbarkeit des angegebenen graphischen Verfahrens zu illustriren.

Fig. 6

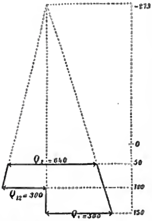


Wir wollen in Fig. 6 annehmen, es liege eine Maschine vor mit 5 Atm. absolutem oberen Druck oder einer Dampftemperatur $t_1 = 150^0$; die Maschine sei Condensationsmaschine und $t_2 = 50^0$; ferner sei der Dampf bei Beginn der Expansion vollkommen trocken, demselben also kein Wasser beigemengt. Wir haben pro Kilogramm Dampf die Verdampfungswärme $Q_1 = 500^c$ und die zur Erwärmung des Wassers nöthige Wärme $Q_{12} = 100^c$ zu setzen. Erstere Wärme ist bei $T = 273^0 + 150^0$ und letztere bei $T = 273 + \frac{150+50}{2} = 273 + 100$ zuzuführen. Da die Wärmeentziehung bei $T_2 = 273 + 50$ erfolgt, so schliessen wir bei dieser Temperatur unser Wärme- und Strahlenpolygon und erhalten $Q_2 = 467^c$. Nun ist die Verdampfungswärme des Wassers bei 50° gleich 571°. Da aber $Q_2$ nur 467° beträgt, so können

nur mehr $0{,}82^k$ Wasser dampfförmig sein: es haben sich volle 18 pCt. Dampf während der Expansion niedergeschlagen. Es ist also die diesen 18 pCt. zukommende Verdampfungswärme frei geworden und hat sich in mechanische Arbeit verwandelt.

In Wirklichkeit liegen jedoch die Verhältnisse etwas anders. Gelingt es nämlich schon selten, den Dampf trocken in den Cylinder zu bringen, so ist es selbst bei Anwendung eines Dampfmantels nicht möglich, denselben bis zu Beginn der Expansion trocken zu erhalten, weil die Innenwandungen des Cylinders stets kälter sind als der Kesseldampf. Wir haben also stets nassen Dampf, und wollen deshalb unsere Rechnung demgemäss führen. Nehmen wir in Fig. 7 den extremen Fall an, dass bei Beginn der Expansion auf $1^k$ trockenen Dampf $2^k$ beigemengtes Wasser treffen, so werden wir eine Verdampfungswärme $Q_1 = 500^c$ und eine Erwärmungswärme $Q_{12} = 300^c$ zu setzen haben, weil im Ganzen $3^k$ Wasser vorhanden und je um $100^0$ zu erwärmen sind. In diesem Falle wird $Q_2 = 640^c$. Die Verdampfungswärme des Wassers bei $50^0$ ist 571,

Fig. 7



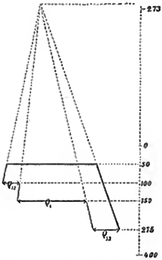

woraus folgt, dass am Ende der Expansion $^{640}/_{571} = 1{,}12^k$ Wasser dampfförmig sind. Es sind also während der Expansion $0{,}12^k$ verdampft. Die Expansionsarbeit ist in diesem Falle nicht auf Kosten der Verdampfungswärme, sondern auf Kosten der Erwärmungswärme des Wassers geleistet worden. Dadurch, dass $3^k$ Wasser während der Expansion von $150^0$ sich auf $50^0$ abkühlten, ist so viel Wärme frei geworden, dass nicht nur die Expansionsarbeit geleistet werden, sondern überdies ein Theil des tropfbarflüssigen Wassers verdampfen konnte.

Diese Beispiele werden genügen, um darzuthun, mit wie geringen Mitteln scheinbar schwierige Fragen zu lösen sind; andererseits aber zeigen sie auch, wie gänzlich unzulangend und unsachgemäss alle diejenigen Betrachtungen sind, welche, ohne auf die Expansion Rücksicht zu nehmen, zur Berechnung von Wärmekraftmaschinen dienen sollen. Ich werde im Verlaufe meiner Mittheilungen, welche übrigens blos den Charakter loser unzusammenhängender Blätter tragen, noch Gelegenheit nehmen, einer derartigen Rechnung zu erwähnen.

### Dampfmaschine mit Ueberhitzer.

Bei der Dampfmaschine ist man mit den oberen Temperaturen ziemlich beschränkt, weil die Kesseldrucke bei höheren Temperaturen ungemein rasch wachsen. Um nun doch höhere Temperaturen anwenden zu können, ohne zugleich die Drucke zu vermehren, schritt man dazu, den Dampf zu überhitzen. Nehmen wir an, die Temperatur, bis zu welcher überhitzt wird, sei $T_3$, während $T_1$ und $T_2$ die früheren Bedeutungen behalten, so wäre es ganz falsch zu glauben, die Gesammtwärme werde bei $T_3$ zugeführt, etwa weil der gesammte Dampf mit der Temperatur $T_3$ in den Cylinder strömt. Es werden vielmehr die Erwärmungswärme $Q_{12}$ und Verdampfungswärme $Q_1$ des Wassers bei denselben Temperaturen an das Wasser übertragen wie vorher, nur die zur Ueberhitzung dienende Wärme $Q_{13}$ wird bei höherer Temperatur dem Wasser zugeführt, aber ebenfalls nicht bei $T_3$, sondern gradatim zwischen $T_1$ und $T_3$. Da nun überdies $Q_1 = 500$, $Q_{13} = 0{,}485\,(T_3 - t_1)$ ist, so ergiebt sich, dass bei nicht sehr grosser Ueberhitzung nur verhältnissmässig wenige Wärmeeinheiten bei höheren Temperaturen übertragen werden als bei der gewöhnlichen Dampfmaschine. In unserem graphischen Verfahren in Fig. 8 stellt sich die Ueberhitzung dadurch dar, dass an die die Dampfmaschine mit trockenem Dampf darstellenden Figur sich ein weiteres Dreieck anlehnt.

Fig. 8




Der Vortheil, welchen eine Ueberhitzung auf $400^0$ C. gewährt, beträgt 12 bis 20 pCt., eine Ueberhitzung auf $300^0$ einen solchen von 9 bis 14 pCt., je nachdem mit oder ohne Condensation gearbeitet wird. Der Effectiv-Nutzen aber ist durch ganz andere Dinge in so hohem Grade beeinflusst, dass es wohl zweckdienlich erscheint, auch hierüber einiges zu sagen.

Das Diagramm einer Maschine mit Ueberhitzer, Fig. 9, hat eine andere Form, indem der Volldruck grösser wird als bei der gewöhnlichen Dampfmaschine, Fig. 10, die Expansionscurve sinkt rascher. Bei gleicher Leistung ist die Dimension der Maschine kleiner. Ein entschiedener Nachtheil des Ueberhitzers aber ist der, dass die Packungen schneller verbrennen und die Schmiere mehr consumirt wird. Endlich muss noch bemerkt werden, dass bei nicht hoher Ueberhitzung die ganze Ueberhitzung durch Wärmeabgabe an die Cylinderwandungen verloren gehen kann; bei hoher Ueberhitzung hingegen liegt die Gefahr

Fig. 9

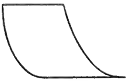
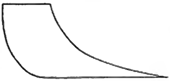


Fig. 10



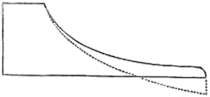
nahe, dass das Wasser sich zersetzt, indem sich sein Sauerstoff mit dem Metalle des Kessels verbindet, und dadurch grosse Verluste entstehen.

Die von verschiedenen Experimentatoren gemachten Erfahrungen weichen denn auch erheblich von einander ab, je nachdem der eine oder andere der erwähnten Umstände mehr hervor- oder zurücktrat.

Einen Fehler aber möchte ich bei dieser Gelegenheit noch erwähnen, welchem man sehr häufig bei Experimenten begegnet. Man liest sehr oft, dass ein Experimentator eine Maschine mit Dampf gehen liess, und dann dieselbe Maschine mit überhitztem Dampfe, oder, wie wir später sehen werden, mit einem Dampf- und Luftgemenge oder irgend einem anderen motorischen Körper bediente, und die erhaltenen Leistungen mit einander verglich.

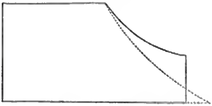
Dieses Verfahren ist ein vollständig unrichtiges, und führt stets zu Trugschlüssen, und zwar deshalb weil die Expansionscurven stets verschiedene sind. Nehmen wir z. B. an, es sei eine gute Dampfmaschine mit hoher Expansion, Fig. 11, verwendet, so wird, wenn

Fig. 11



die Maschine mit überhitztem Dampfe arbeitet, die Expansionscurve des überhitzten Dampfes (punktirt) tiefer fallen als der Druck des Abdampfes: „Die gute Dampfmaschine giebt eine schlechte Maschine für überhitzten Dampf", weil die der entstandenen Schleife im Diagramm entsprechende Arbeit nicht geleistet, sondern consumirt

Fig. 12



wird. Nimmt man dagegen, wie das ja häufig geschieht, zu den Versuchen eine alte ausrangirte Maschine mit grosser Füllung, Fig. 12, so geht bei der Dampfmaschine wegen der ungenügenden Expansion ein grosser Theil der Arbeit verloren, während die Maschine mit überhitztem Dampfe ausgezeichnet arbeitet. Man sieht, dass derartige Vergleichsresultate vollkommen werthlos sind, weil die Maschine für den einen oder anderen Fall schlecht dimensionirt und proportionirt war.

### Luft-Dampfmaschine.*)

Ende der Sechziger Jahre wirbelten zwei Maschinen viel Staub auf, allerdings noch bevor sie erprobt waren; es war dies eine Combination der Luft- und der Dampfmaschine. Ein englischer Ingenieur, Parker, comprimirt mittelst eines Dampfstrahlgebläses atmosphärische Luft und fördert sie in einen Zwischenkessel, von welchem aus die Maschine bedient wird. Parker giebt an, dass er zwar über das Luftquantum, welches durch das Gebläse geliefert wurde, im Unklaren geblieben sei, nichts desto weniger gefunden zu haben glaubt, dass die Leistung die doppelte geworden sei. Für Schiffsmaschinen empfiehlt derselbe, das im Zwischenkessel erhaltene Gemisch von Luft und Dampf abzukühlen, um das Condensationswasser zu gewinnen, und nur die Luft in den Cylindern arbeiten zu lassen!

Eine andere Luftdampfmaschine wurde zur selben Zeit von dem englischen Ingenieur Warsop construirt. Dieser comprimirt mittelst einer Kolbenpumpe Luft, und lässt sie am Boden eines Dampfkessels in denselben eintreten. Durch Siebe zertheilt steigt sie in feinen Blasen im Wasser auf, schwängert sich nicht nur mit Wasserdampf, sondern überdies mit, wenn auch fein vertheiltem, so doch tropfbarflüssigen Wasser und gelangt so in den Cylinder. Er erhält bei Anwendung von Luft eine Mehrarbeit von 30 pCt. Da er aber selbst zugiebt, die theoretische Seite seiner Erfindung nicht verfolgen zu können, so wendet er sich an den berühmten englischen Physiker Tyndall, dessen Namen unter den Begründern der mechanischen Wärmetheorie genannt wird. Ueber die von Tyndall gegebene Berechnung entnehme ich aus Dingler's Journal Folgendes:

„Die zur Compression der Luft erforderliche Arbeit wird durch die dann erfolgende Expansion rückvergütet, weil Wirkung und Gegenwirkung gleich sind;

150 Cubikfuss Dampf von 4 Atm. kosten $16720^c$
150 „ Luft „ 4 „ „ $1412{,}72^c$.

Die Kosten für Dampf sind also 11,8 mal so gross. Beide Volumina sind aber fähig, in einem Cylinder mit beweglichem Kolben dieselbe Arbeit zu verrichten, indem sie in gleicher Weise expandiren. Doch würde es noch wichtig sein zu untersuchen, ob der Wärmeverlust, welcher bei der Expansion der Luft durch schnellere Strahlung und durch Abgabe von Wärme und folglich Verminderung des Volumens und Druckes entsteht, grösser sein würde als bei Dampf."

Es fällt mir nicht bei, diese Worte oder etwa die noch folgenden Betrachtungen über Verdampfung bei Anwesenheit von Luft einer Erörterung zu unterziehen, ebenso wenig kann ich in dem mir gebotenen Rahmen auf die Theorie dieser Maschine eingehen, da sie von allen mir bekannten Maschinen die complicirteste ist, und sich wol nur zu einem Vortrag speciellen Wärmetheoretikern gegenüber eignen würde: wohl aber will ich einige Andeutungen darüber machen, welche Rolle eigentlich die Luft bei dieser Maschine spielt, um den schroffen Abstand zu charakterisiren zwischen der nackten Wahrheit und jener leichtfertigen Behandlung einer Autorität ersten Ranges.

Durch die Compression der Luft in der Luftpumpe wird dieselbe bedeutend erwärmt, und bei irgend erheb-

*) s. Dingler's „Polytechn. Journ.", Bd. 194.

lichen Kesseldrucken ist die Temperatur, bis zu welcher die Luft durch die Compression erwärmt wird, höher als die Temperatur im Kessel. Vermöge der innigen Berührung mit Wasser und Dampf strömt sie natürlich mit der dem Dampfe eigenthümlichen Temperatur in den Arbeitscylinder. Es wird ihr also bei der höchsten in der Maschine vorkommenden Temperatur Wärme entzogen und an das Wasser bei etwas niederer Temperatur übertragen. Würde sie nun für sich allein im Arbeitscylinder expandiren, so würde sie nach Beendigung der Expansion nur mehr eine Temperatur von 5° nachweisen. Mit anderen Worten: Die Luft durchläuft einen der Windhausen'schen Eismaschinen ähnlichen Process, sie leistet keine Arbeit, sondern sie consumirt Arbeit. Die ganze von der Maschine geleistete Arbeit rührt nur vom Dampfe her. Da jedoch in Wirklichkeit die Luft nicht für sich allein, sondern innig mit dem Dampf gemengt expandirt, so liegen die Verhältnisse etwas anders. Es wird nämlich durch das Beisein von Luft die Dampfmaschine etwas besser, so dass die Totalleistung bei ganz niederen Kesseldrucken dieselbe bleibt, bei höheren (schon bei 3 Atm.) aber geringer ist als die Leistung der Dampfmaschine.

Wenn nichts desto weniger Warsop bei Anwendung von Luft eine Mehrarbeit von 30 pCt. erhält, so rührt dies daher, dass seine Versuchsmaschine für Dampf sehr schlecht, für das Gemenge aber gut construirt war. Wendet er doch bei Luft und Dampf 1/3 mal grössere Heizflächen an als bei Dampf allein; die Maschine hatte einen ungemein grossen Füllungsgrad, der für Dampf weit schädlicher ist als für das Gemenge. Maschinen, welche wie die von Warsop, 7^k Kohle pro stündliche Pferdest. brauchen, sind gewiss nicht geeignet, um damit glaubwürdige Versuche anzustellen.

Es ist vielleicht nicht uninteressant zu erfahren, dass eine der Warsop'schen Maschine, welche vor 10 Jahren die Runde durch die technische Literatur machte, fast vollkommen identische in jüngster Zeit von zwei Amerikanern wieder erfunden und vor 2 Monaten auch im deutschen Reiche patentirt wurde. Die Erfinder sind die Herren Edward Magruder Strange und Frederick Rudolph Schettler in New York.

### Maschinen mit Dämpfen verschiedener Körper.

Schon mehrfach wurde erwähnt, dass vornehmlich die grosse Verdampfungswärme des Wassers für schädlich gehalten wurde und um jeden Preis umgangen werden sollte. Man versuchte es mit Aether- und Ammoniak-Maschinen. Ich will jedoch nicht näher auf diese Dämpfe eingehen, sondern allgemeiner zu bestimmen suchen, unter welchen Bedingungen ein Dampf mehr zu leisten vermag als der Wasserdampf. Diese Bedingung ist, dass $t_1 - t_2$ grösser wird. Was die untere Temperatur $t_2$ zunächst betrifft, so ist sie durch das Kühlwasser vorgezeichnet. Wir werden kaum im Stande sein, tiefer als 40 bis 50° C. mit der unteren Temperatur herab zu kommen, haben also

$$t_2 > 40^0.$$

Die obere Temperatur $t_1$ aber ist durch den Druck des Dampfes beschränkt. Haben wir ja schon bei 180° einen Dampfdruck von 10 Atm.

Nehmen wir einen bei höherer Temperatur siedenden Körper z. B. Quecksilber, so sind wir allerdings im Stande, mit der oberen Temperatur viel weiter zu gehen; die untere Temperatur steigt hingegen ebenfalls; bedenken wir nämlich, dass Quecksilberdampf bei 150° einen absoluten Druck von nur 3^mm Quecksilbersäule besitzt, im Condensator also ein fast absolutes Vacuum herrschen müsste, so erkennen wir, dass die untere Temperatur nicht allein vom Kühlwasser abhängig ist, sondern auch durch die Grösse des Vacuums begrenzt wird. Wir sind technisch nicht mehr im Stande, ein so grosses Vacuum herzustellen, ebenso wenig wie wir im Stande sind, zu grosse Kesseldrucke zu bewältigen.

Fassen wir dies zusammen, so können wir den Satz aussprechen: „Ein Dampf ist nur dann geeignet zu einer Wärmekraftmaschine, wenn er mit dem Wasserdampf bei höheren Drucken mindestens gleich hohe Siedetemperaturen und bei niederen Drucken keine viel höheren Siedetemperaturen besitzt."

Unter den von Regnault hinsichtlich Druck und Temperatur untersuchten Dämpfen sind es lediglich drei, welche unsere Aufmerksamkeit erregen, nämlich

Kohlensuperchlorid $C_2\,Cl_8$
Benzin $C_{12}\,H_{12}$
Bromhydrocarburet $C_4\,H_8\,Br_4$.

Die ersteren beiden Dämpfe gestatten zwar keine höheren oberen Temperaturen als Wasser, da sie aber bei niederen Temperaturen kein so grosses Vacuum zeigen, so würde die Dimension der Maschine kleiner ausfallen als bei Dampf. Der Volldruck würde grösser sein und die Expansionscurve rascher fallen. Ein Vortheil gegenüber der Dampfmaschine wäre jedoch mit denselben nicht zu erreichen.

Bromhydrocarburet hat hingegen weit höhere Siedetemperatur als Wasser, so dass die obere Temperatur $T_1$ viel höher genommen werden kann, freilich wird auch die untere Temperatur gegenüber Wasserdampf etwas wachsen. Setzt man den Kesseldruck für Wasser und Bromhydrocarburet zu 6 Atm. absolut, und nimmt man an, dass 0,1 Atm. absolut die Grenze des technisch verwerthbaren Vacuums sei, so hat man für

Wasser

$$t_1 = 159\,; \quad t_2 = 46$$

$$A L_W = \frac{159 - 46}{159 + 273} Q = 0{,}231\, Q.$$

Bromhydrocarburet

$$t_1 = 212\,; \quad t_2 = 65$$

$$A L_{Br} = \frac{212 - 65}{212 + 273} Q = 0{,}303\, Q.$$

Bromhydrocarburet würde also eine Ersparniss von 30 pCt. gegenüber Wasser zulassen. Zieht man aber die Verluste an Bromhydrocarburet durch Undichtheiten in Betracht und erwägt man, dass kein Einspritz- sondern ein Oberflächencondensator angewendet werden

muss, so kommt man leicht zu dem Schluss, dass der Wasserdampf vorzuziehen sei.

Es mag sein, dass sich noch andere Dämpfe besser eignen als der eben erwähnte. **Regnault** fand, dass die meisten bei höherer Temperatur siedenden Körper sich bei Steigerung des Druckes sehr bald zersetzen, und überdies liegt die Wahrscheinlichkeit nahe, dass auch die untere Temperatur bedeutend wachse, so dass der für die Güte der Maschine massgebende Quotient $\frac{t_1 - t_2}{t_1 + 273}$ nicht viel grösser werde als bei Wasserdampf.

Jedenfalls sieht man, dass Aether, Ammoniak und so manche andere leichtflüssige Körper, mittelst deren man Vortheile zu erzielen hoffte, zu Wärmekraftmaschinen vollständig ungeeignet sind und nur bei hohen Drucken schwer, bei niederen aber verhältnissmässig leicht flüchtige Körper Aussicht auf Erfolg gewähren. Gewiss ist es unwahrscheinlich, dass ein anderer Dampf diese Eigenschaften in so hervorragend höherem Masse besitzt als der Wasserdampf, dass er mit Hinzurechnung der übrigen Unzulässlichkeiten den Vorzug vor Wasserdampf verdiene.

---

# Versuche mit Einschalteröhren mit inneren Schraubengängen zur Ausstossung fester mit Flüssigkeiten durchgeführter Stoffe.

Von **Friedrich Lobe**, königl. Hüttenmeister in Malapane.

Zur Constatirung der Wirksamkeit der in Bd. XXII, S. 429 d. Z. näher beschriebenen Einschalteröhren mit inneren Schraubengängen zur Ausstossung fester mit Flüssigkeiten durchgeführter Stoffe wurden von mir auf dem fiscalischen Hüttenwerke zu Malapane acht Versuche gemacht, vier mit Einschalte- und glatten Röhren und vier mit nur glatten Röhren unter denselben Verhältnissen. Als Wasserreservoir diente ein Fass von $0{,}740^{m}$ Höhe und $0{,}470^{m}$ oberem und $0{,}560^{m}$ mittlerem Durchm. mit $0{,}1229^{cbm} = 122{,}9^{k}$ Wasserfüllung, an welches $0{,}030^{m}$ über dem Boden die Röhrenleitungen angekuppelt waren. Bei dem 1., 2., 4. und 5. Versuche war die Lage der Röhren geneigt, und zwar betrug das Gefälle 0,01 der Länge der Leitung, bei dem 3., 4., 7. und 8. lag die Leitung horizontal. Massgebend für das Nachlegen von glatten Röhren hinter den Einschalteröhren war die Drehung des aus den glatten Röhren heraustretenden Wasserstrahls. Drehte sich dieser nicht mehr merklich, so wurde das letzte glatte Rohr wieder fortgenommen. Die Anordnung der Röhren war folgende:

Bei Versuch 1 und 2.

1 glattes Rohr (Anfang der $60^{m}$ langen Leitung)
1 Einschalterohr
2 glatte Röhren
1 Einschalte-Rohr
1 glattes „
1 Einschalte- „
1 glattes „
1 Einschalte- „
1 glattes „ (Ende der Leitung)

zus. 10 Röhren {6 glatte, 4 Einschalteröhren.

Bei Versuch 3 und 4.

1 glattes Rohr (Anfang der $54^{m}$ langen Leitung)
1 Einschalte-Rohr
1 glattes „
1 Einschalte- „
1 glattes „
1 Einschalte- „
1 glattes „
1 Einschalte- „
1 glattes „ (Ende der Leitung)

zus. 9 Röhren {5 glatte, 4 Einschalteröhren.

Versuch 5 und 6 hatte 10 nur glatte,
Versuch 7 und 8 dagegen nur 9 glatte Röhren.

Die Einschalteröhren waren von Gusseisen, $0{,}666^{m}$ mit der Muffe, $0{,}6^{m}$ wirksam lang, $0{,}1^{m}$ im Lichten weit, mit drei Schraubenumgängen in jedem Rohr. Die Schraubengangtiefe hatte das Maximum, d. h. sie betrug ein Drittheil des inneren Rohrdurchmessers. Die Form der in den Röhren vorhandenen Parabeln war regulär, die ihrer Projectionen also verdrückt. Die glatten Röhren waren von Eisenblech, $0{,}6^{m}$ lang, und die Verbindung der Röhren in Blechringen mit Dichtung derart, dass die Röhrentour nach jeder Probe leicht aus einander genommen und jedes Rohr einzeln im Inneren untersucht werden konnte.

Als feste Stoffe dienten bei Versuch 1, 3, 5 und 7 gegrabener, ziemlich grobkörniger Streusand (zu Formereizwecken), bei Versuch 2, 4, 6 und 8 feiner und ziemlich fetter Formsand. Vor jedem Versuche wurde die Leitung am Ende mit einem hölzernen Spunde geschlossen, das Fass bis zur bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt, zwei Kasten voll von dem Sande mittelst eines auf dem Fasse liegenden Siebes in das Wasser gebracht (bei dem ersten Versuche mit der Hand), während der Spund gezogen wurde und das Wasser anfing abzulaufen. Nach der Entleerung des Fasses wurde dieses Verfahren noch zweimal wiederholt, so dass zu jedem Versuche drei Fassfüllungen und sechs Kasten Sand gehörten. Der Einsatzsand, der Rückstand im Fass und der Absatz in den Röhren wurden gewogen, ebenso der Wassergehalt dieser drei Theile bestimmt und die durch das Wasser im Fass entstandenen Differenzen desselben ausgeglichen.

Die erhaltenen Resultate sind nachfolgend angegeben, und jedem Versuche mit Einschalteröhren der gleiche mit nur glatten Röhren nachgeschickt.

Zu bemerken ist hierzu, dass das erste glatte Rohr der Leitung, weil dahinter erst ein Einschalterohr lag, als zum Fass angehörig angesehen wurde, auch bei der Leitung mit glatten Röhren. In demselben hat sich bei den Versuchen mit Einschalteröhren Absatz vorgefunden, etwa $3^{cm}$ am Ende hoch und nach dem Fasse zu abfallend, bei Streusand mehr als bei Formsand. Die

| Nummer des Versuches | Die Röhrenleitung hatte Röhren | Lage der Röhrenleitung | Angewendet wurden als feste Stoffe | Auf 100 Gewichtstheile Wasser kamen an festen Stoffen Gewichtstheile | Hiervon gingen durch die Röhrenleitung Gewichtstheile | Hiervon blieben im Fass zurück Gewichtstheile | Von 100 Gewichtstheilen in die Röhrenleitung geführter fester Stoffe blieben in derselben zurück Gewichtstheile |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Einschalte- | geneigt | Streusand | 5,26 | 1,77 | 3,49 | 2,54 |
| 5. | nur glatte | desgl. | desgl. | 5,44 | 2,89 | 2,55 | 60,82 |
| 2. | Einschalte- | desgl. | Formsand | 4,65 | 3,40 | 1,25 | Geringe Spur |
| 6. | nur glatte | desgl. | desgl. | 4,71 | 3,61 | 1,10 | 12,66 |
| 3. | Einschalte- | horizontal | Streusand | 5,63 | 3,75 | 1,88 | 0,67 |
| 7. | nur glatte | desgl. | desgl. | 5,26 | 2,28 | 2,98 | 56,62 |
| 4. | Einschalte- | desgl. | Formsand | 4,77 | 3,57 | 1,20 | Geringe Spur |
| 8. | nur glatte | desgl. | desgl. | 4,77 | 1,99 | 2,78 | 11,16 |

Einschalteröhren waren absolut rein, die Absätze bei den Versuchen mit diesen (1, 2, 3 und 4) fanden sich in den mittleren glatten Röhren als dünne Streifen am Boden.

Von den Versuchen mit glatten Röhren war bei dem fünften das 1. und 6. Rohr rein, im 2. bis 5. und 7. bis 10. der Absatz vorhanden, in der Mitte der letzteren und im 5. Rohre am stärksten; bei dem sechsten und achten Versuche war das 1. Rohr rein, bei dem siebenten das 1. und 2., in den anderen bis an das Ende lag der Absatz.

Diese Versuche führte ich mit Hilfe zweier Arbeiter allein aus; in Gegenwart des königl. Maschinenmeisters Hrn. W. **Schulze** in Malapane, welcher darüber ein Attest ausstellte, wurde der Versuch 7 und 3 wiederholt. Die Resultate davon sind:

Versuch 7.

| | |
|---|---|
| Einsatz (Streusand) . . . . | $19{,}248^k$ |
| Rückstand im Fass . . . . | $8{,}510^k$ |
| In die Leitung geführt . . . | $10{,}738^k$ |
| = 55,8 pCt. des Einsatzes. | |
| Absatz in den Röhren . . . | $5{,}703^k$ |
| = 53,1 pCt. des vom Wasser fortgeführten Sandes. | |

Versuch 3.

| | |
|---|---|
| Einsatz (Streusand) . . . . . . . . . . . . | $19{,}248^k$ |
| Rückstand im Fass . . . . . . . . . . . . | $13{,}110^k$ |
| In die Leitung geführt . . . . . . . . . | $6{,}138^k$ |
| = 31,89 pCt. des Einsatzes. | |

Absatz im 1. Einschalterohre durch Nachlaufen aus dem 1. glatten Rohre bis an den ersten Schraubengang am Ende des Versuches entstanden: $0{,}358^k$ = 5,83 pCt. des vom Wasser fortgeführten Sandes. Weiter war das erste Einschalterohr sowie die übrigen und die glatten Röhren rein.

Mit anderer Wasserführung — das Wasser fiel von einer Rinne aus der Wasserarche des hiesigen Werkes $0{,}870^m$ hoch in das Fass herab und wurde hier constant hoch gehalten $0{,}2^m$ über dem ersten Rohre — machte ich Versuche ohne Wiegen in einer Röhrenleitung, die aus

1 glatten Rohre (Anfang der $7{,}8 (7{,}2)^m$ langen Leitung)
1 Einschalte-Rohre
4 glatten Röhren
1 Einschalte-Rohre
3 glatten Röhren
1 Einschalte-Rohre
2 (1) glatten Rohre (Ende der Leitung)

zus. 13 (12) Röhren { 10 (9) glatten, 3 Einschalteröhren }

bestand. Die Röhren blieben nach dem Versuche rein, auch das erste. Eingesetzt war als fester Stoff ausgebrannter Formsand d. h. ein Gemenge von gebrauchtem Form- und Streusand.

Die Anhäufung von Absatz im ersten glatten Rohre der Leitung lässt sich sehr vermindern und vielleicht ganz vermeiden, wenn man

1) das glatte Rohr um die Hälfte oder noch mehr verkürzt und so den Sand schneller in das Einschalterohr bringt,

2) wenn man statt dessen ein Einschalterohr mit weniger Schraubengängen und mit weniger breiten Schraubenkammerwänden d. i. mit geringerer Schraubengangtiefe und anderer Parabelform, als die nachfolgenden Einschalteröhren haben, einlegt.

Ausserdem würde es noch zweckmässig sein, als Ausflussrohr nicht ein glattes, sondern ein Einschalterohr anzuwenden, weil bei den Versuchen es sich herausstellte, dass die Drehung des austretenden Wasserstrahles nicht sofort eintrat, sondern erst nach einigen Secunden. Das Einschalterohr am Ende der Leitung musste den Eintritt der schraubenförmigen Bewegung des Wasserstrahles beschleunigen.

# Ueber die Gasausscheidungen in Bessemergüssen.

Von Dr. **Friedrich C. G. Müller** in Osnabrück.

§ 1.

Ueber das Phänomen der Gasausscheidungen in Stahl- und Flusseisengüssen, unter specieller Berücksichtigung der Producte des Bessemerconverters, ist bereits sehr viel geschrieben und gesprochen worden. Man hat Theorien ausgesonnen und in weiteren Kreisen zur Geltung gebracht, die sich nicht blos auf dem Papier, sondern auch in der Praxis bewährt haben sollen, so dass die leidige Erscheinung in den Augen des ferner Stehenden als in ihren tiefsten Gründen erkannt und erklärt gelten könnte. Erst wenn man sich eingehend mit dem Bessemerprocesse befasst und auf den verschiedensten Werken Beobachtungen anstellt, fällt manches auf, was im directen Widerspruch mit denjenigen Ansichten steht, welchen man sich bislang angeschlossen hat. Bereits in meiner vor einem Jahre in dieser Zeitschrift, Bd. XXII, S. 385 veröffentlichten Abhandlung über den deutschen Bessemerprocess, sind zwei Werke (Hoesch und Bochum) erwähnt, welche dichte Bessemeringots im normalen Betriebe erzielen. Dabei ist ausdrücklich hervorgehoben, dass auf beiden Werken das vor dem Zusatz von Spiegeleisen geschöpfte Metall ausserordentlich steigt. Diese Beobachtung gab den ersten Anstoss zu den Experimentaluntersuchungen über die Gasausscheidungen, deren erste Ergebnisse ich bereits in einer kurzen Mittheilung in den „Berichten der deutsch. chem. Gesellsch.“ Bd. XII, S. 93 veröffentlicht habe und welche nunmehr in abgeschlossener Form den Inhalt der nachfolgenden Abhandlung bilden.

Ich vermochte nämlich nicht einzusehen, wie durch die stürmische Entwickelung des Kohlenoxyds bei der Spiegelreaction dieses Gas, welchem man bislang die Blasenbildung zuschrieb, aus dem Bade entfernt werden sollte. Das Mangan des Spiegeleisens konnte dies nicht bewirken, da auf anderen Werken mit abnorm hohem Mangangehalt der Stahl heftig steigt. Silicium konnte gar nicht in Frage kommen, da es nicht zugesetzt wurde und ausserdem schon reichlich im Bade vorhanden war. Die Theorie, nach welcher gerade das Silicium die angeblichen Blasen von Kohlenoxydgas entfernen sollte, war übrigens nach meiner Meinung stets eine Absurdität gewesen und zwar aus wissenschaftlichen Gründen, die zu erörtern ich keine Veranlassung mehr habe. Dagegen dürfte es lehrreich sein für Jedermann, zu erfahren, wie man denn jene Kraft des Siliciums entdeckt hat. Hr. Gautier erzählt im „Journal of the Iron and Steel Institute“, 1877, I, man habe in Terre-noire Proben des berühmten Krupp'schen und Bochumer Stahls analysirt und einen erheblichen Siliciumgehalt vorgefunden. So sei man hinter das Geheimniss gekommen. Warum hat man nicht zur Controle blasigen Stahl anderer deutschen Werke untersucht? Hätte man füglich nicht stutzig werden müssen, wenn sich darin noch mehr Silicium gezeigt hätte? Ich meine, dass es für alle diejenigen, welche in Gefahr sind, ebenfalls ihren speculativen Neigungen Gestalt zu geben, ein ebenso heilsames wie unschädliches Unternehmen wäre, einmal die Theorie auszuspinnen, zu der man wol gelangt wäre, wenn man statt des Krupp'schen Stahls zufällig einen solchen analysirt hätte, der wie Hr. Hupfeld in seiner lehrreichen Abhandlung*) berichtet, bei 0,5 bis 1,5 pCt. Silicium dermassen treibt, dass man kaum Zeit hat, die Coquille zu verkeilen.

Ohne diese und andere in die Luft gebaute Theorien weiter zu berühren, wenden wir uns nunmehr zu den wenigen wirklich wissenschaftlichen Untersuchungen und wohl studirten Erscheinungen, welche in den Bereich unseres Gegestandes fallen.

Zuvörderst ist zu beachten, dass die Erscheinung des Steigens infolge einer Gasentbindung beim Uebergang aus dem flüssigen Zustande in den festen beim Eisen nicht allein dasteht, sondern sich auch beim Silber und Kupfer zeigt. Beim Silber ist es nachgewiesen, dass das Spratzen von Sauerstoff herrührt, dagegen ist noch nicht endgiltig entschieden, welches Gas in den Blasen von Kupfergüssen eingeschlossen ist; man hat Sauerstoff, Kohlenoxyd und auch Wasserstoff nachgewiesen.

Der Grund dieser Gasausscheidungen liegt nun darin, dass das Metall im geschmolzenen Zustande und bei hoher Temperatur mehr Gase aufgelöst hat, als es beim Erstarren festzuhalten vermag. Deshalb erstarren auch Kupfer und Silber ruhig, wenn man sie unter einer Decke leichtflüssiger Schlacke schmilzt, welche den Zutritt der Gase abhält. Beim Eisen ist das Verhältniss ganz analog. Es ist längst bekannt, dass das Eisen Gase aufzulösen vermag, und dass jedes Stück Eisen, sei es porös oder dicht, beim Erhitzen im Vacuum viel Gas abgiebt. In dieser Hinsicht sind namentlich die Arbeiten von Troost und Hautefeuille**), sowie von Cailletet***) und Pary†) zu beachten. Die zuerst genannten Forscher fanden, dass ein Stück Gussstahl von 500$^g$, sowie es aus der Schmiede kam, nach 48stündigem Glühen im Vacuum 2,20$^{ccm}$ Gas abgab von der Zusammensetzung $CO_2 = 2{,}27$, $CO = 63{,}85$, $H = 22{,}72$, $N = 11{,}36$ pCt. Im Schmiedeeisen war der Procentsatz des Wasserstoffs im Verhältniss zum Kohlenoxyd höher. Andererseits erhitzten dieselben zuvor evacuirte Eisenstücke in den verschiedenen Gasen und fanden, dass Wasserstoff weitaus am besten, darauf Kohlenoxyd und Stickstoff aufgenommen werden.

---

*) „Ztschr. d. berg.- u. hüttenm. V. f. Steiermark u. Kärnten“ X, 313.

**) „Comptes rend.“ 74, 482 u. 562. Wagner's Jahresber. 1873, 42.

***) „Comptes rend.“ 61.

†) „American Chemist“ 1874, IV, 255. Wagner's Jahresber. 1874, 88.

Wenn also nach diesen Untersuchungen, deren Ergebnisse in jedem grösseren Lehrbuch der Chemie zu finden sind, feststeht, dass glühendes Eisen Wasserstoff, Kohlenoxyd und Stickstoff zu absorbiren vermag, so muss auch bei allen Eisenhüttenprocessen eine mehr oder weniger vollständige Sättigung des Metalls mit jenen Gasen eintreten. Denn neben dem atmosphärischen Stickstoff bildet Kohlenoxyd den Hauptbestandtheil aller Ofengase. Wasserstoff fehlt nie; er stammt einmal aus der Luftfeuchtigkeit, andererseits bei Verwendung von nicht entgasten Brennmaterialien oder Generatorgasen aus der Feuerung. Besonders bemerkenswerth ist bei allen Eisenfrischprocessen noch die im Inneren des garenden Metalls vor sich gehende Entbindung von Kohlenoxyd.

Es ist klar, dass beim Bessemerfrischprocess das Bad in erster Linie Gelegenheit hat, sich mit Kohlenoxyd zu sättigen, weil dieses Gas durch seine sozusagen intermoleculare Entwickelung mit dem Eisen in die denkbar innigste Berührung kommt. An zweiter Stelle kommt der Stickstoff in Frage, welcher in so enormen Mengen durch das flüssige Metall getrieben wird. Aber auch der Wasserstoff, obgleich die Gebläseluft nur 1 pCt. desselben in Gestalt von Wasserdampf enthält, muss wegen seiner grossen Löslichkeit begierig aufgenommen werden. Es ist also naturnothwendig, dass beim Bessemern, wie bei allen Eisenschmelz- und Frischprocessen, ein mit den genannten Gasen mehr oder weniger gesättigtes Metall erhalten werden muss.

Wenn aus den soeben besprochenen Thatsachen indessen ein Schluss gezogen werden soll auf den Inhalt der in Stahlgüssen auftretenden Blasen, so ist dies nur halb zulässig. Die Blase ist eine Gasausscheidung; dazu ist nicht bloss erforderlich, dass sich das Gas im Bade überhaupt löse, sondern dass die Löslichkeit entweder mit der Temperatur oder auch beim Uebergange in den festen Aggregatzustand abnimmt. Um das durch eine naheliegende Analogie verständlich zu machen, sei daran erinnert, dass eine heiss gesättigte Salpeterlösung beim Erkalten die grösste Menge des Salzes ausscheidet; nicht so eine heissgesättigte Kochsalzlösung. Denn Kochsalz löst sich im heissen Wasser nicht mehr als im kalten, wohl aber der Salpeter. Wer kann nun von vorn herein wissen, ob eines der drei Gase sich wie Salpeter oder Kochsalz verhält? Ich denke damit klargelegt zu haben, dass die Natur der Gasausscheidungen aus den besprochenen Versuchen durchaus nicht erkannt werden kann. Zu dem Zwecke müssen die Gase unmittelbar, ohne Anwendung von Wärme und Vacuum, aus den Blasenräumen des Ingots gewonnen werden und zwar in solcher Menge, dass eine genaue wissenschaftliche Untersuchung derselben möglich ist. Das ist bislang nicht geschehen, auch durch Hrn. Regnard*) nicht, welcher beobachtet haben will, dass sich auf der Bruchfläche von Gussstahl unter Wasser ein aus Wasserstoff und Ammoniak (?) zusammengesetztes Gas entwickele. Ich konnte, als ich ausgeschmiedete Stäbe sehr blasigen Stahls sofort nach dem Abbrechen unter Wasser brachte, eine Entwickelung von Gas aus der Bruchfläche nicht beobachten. Indessen sind diese Versuche, ihr Resultat mag ausfallen, wie es wolle, in der Frage nach der Natur des in den Blasen eingeschlossenen Gases ebenso wenig entscheidend wie diejenigen von Troost und Hautefeuille. Wie wäre es sonst auch denkbar, dass alle Fachmänner auf dem Gebiete der Eisenhüttenkunde sich, da keine directen Versuche vorlagen, der, wie wir zeigten, naheliegendsten Hypothese anschlossen, die Blasen in Stahlgüssen rührten von Kohlenoxyd her. Man nehme z. B. die letzten Jahrgänge des „Journal of the Iron and Steel Institute" zur Hand, um sich zu überzeugen, welche Bedeutung man dem Kohlenoxyd beigemessen. Noch in der Pariser Sitzung vom 17. September v. J. wurde vor jenem berühmten Institut nicht blos das Kohlenoxyddogma, sondern auch die zu Terrenoire entdeckte Kraft des Siliciums besprochen, ohne dass von irgend einer Seite sich Widerspruch erhob. In diesem Stadium befand sich also die Erkenntniss der Gasausscheidungen, als ich bereits die nachfolgende Experimentaluntersuchung begonnen hatte.

*) „Comptes rend." 74, 260. Wagner's Jahresber. 1877, 95.

§ 2.

Um das Fundament für eine wissenschaftliche Untersuchung über die Gasausscheidungen in Stahlgüssen zu gewinnen, galt es eine Methode aufzufinden, den Gasinhalt der Blasen direct in einer zu genauen Analysen ausreichenden Menge aufzufangen. Die folgende von mir construirte Vorrichtung erwies sich in jeder Hinsicht als zweckentsprechend.

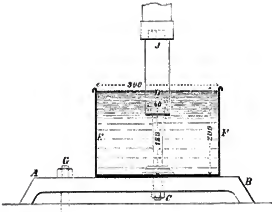
Auf einer runden Gusseisenplatte $AB$ von der aus Fig. 1 ersichtlichen Form ist der Bohrer $CD$ mit der Spitze nach oben befestigt. Dieser geht durch den Boden eines aus Eisenblech hergestellten Gefässes $EF$. Unter den Ansatz des Bohrers ist zur Dichtung ein Kautschukring gelegt. Vermittelst der Schraube $G$ wird die Vorrichtung auf dem Tisch einer kräftigen Bohrmaschine befestigt und das Ganze so justirt, dass die Bohrerspitze genau in die Axe der verlängerten Bohrmaschinenspindel zu liegen kommt. Darauf befestigt man in dem Bohrkopf den kleinen Ingot $J$, an welchem zu dem Zwecke oben ein Viereck gearbeitet ist. Dies Viereck kann auch angegossen werden, dadurch dass man unter die Coquille eine gusseiserne Platte mit der entsprechenden quadratischen Vertiefung legt.

Das Gefäss $EF$ ist bis $2^{cm}$ über die Bohrerspitze mit ausgekochtem Wasser (event. Oel oder Quecksilber) gefüllt. Wird nunmehr die Bohrmaschine in Gang gesetzt, so bohrt sich in den Ingot von unten eine Höhlung, in welcher sich das Gas aus den Blasen, wie in einer Glocke, ansammelt. Die starke Abkühlung durch das Wasser gestattet einen ziemlich schnellen Gang zu nehmen.

Der zu meinen Versuchen dienende Bohrer bohrt ein Loch von $42^{mm}$ Durchm. Zuerst verwandte ich runde Ingots von $50^{mm}$, später solche von mindestens

60mm. Zur Vorsicht wurden dieselben noch warm mit Wachs überzogen.

Fig. 1




Nachdem in 1 bis $1^1/_2$ Stunden die Bohrung vollendet, wird die Spindel soweit in die Höhe gestellt, bis das Viereck des eingepassten Ingots frei wird. Dann wird der letztere vorsichtig, ohne dass Luft darunter gelangt, über die Bohrerspitze weggehoben und schliesslich das Gas in bekannter Weise unter Wasser in eine Flasche gefüllt, welche man unter Wasser mit einem Kautschukpfropfen gut verschliesst. Das Fläschchen wird mit der Mündung nach unten in das Laboratorium getragen.

Der vorstehende Apparat wurde mit den in die Figur eingeschriebenen Dimensionen in der mechanischen Werkstatt des Stahlwerkes Osnabrück hergestellt und die dortige grosse Bohrmaschine zu den Versuchen benutzt. Die Direction des Werkes hat mir durch diese Liberalität die ganze Untersuchung erst möglich gemacht. Deshalb nehme ich auch an dieser Stelle Gelegenheit, ihr meinen Dank auszusprechen für die Selbstlosigkeit, mit der dieselbe meine metallurgischen Studien seit Jahren gefördert hat.

Die auf die beschriebene Weise aus blasigem Stahl erhaltene Gasmenge ist mehr als hinreichend zur Analyse. Es wurde jedesmal eine besondere Probe im Absorptionsrohr mit Kalilauge und Pyrogallussäure behandelt, wobei in allen Fällen keine Absorption beobachtet wurde. Das Gas ist also frei von Kohlensäure und Sauerstoff (Cyan). Darauf wurde nach der von Bunsen ausgebildeten Methode die weitere Analyse im Eudiometer ausgeführt. Nach der Verpuffung mit atmosphärischer Luft und Bestimmung der dadurch eintretenden Contraction, liess man verdünnte Kalilauge, deren Tension und Meniskus bekannt waren, hinzu; diese musste etwaige durch Verbrennung von Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoffen gebildete Kohlensäure absorbiren. Da die aus fertigem, rückgekohltem Bessemermetall gebohrten Gasproben nach der Explosion keine Spur von Absorption durch Kalilauge erkennen liessen, waren Kohlenoxyd oder andere kohlehaltigen Gase nicht vorhanden. Nur das Gas aus Roheisen oder todtgeblasenem Stahl zeigte eine geringe Absorption. In letzterem Falle wurde jedesmal noch ein besonderer Absorptionsversuch mit Kupferchlorür angestellt und dadurch bestätigt, dass nur Kohlenoxyd, nicht Kohlenwasserstoffe, zugegen waren. Den Stickstoff bestimmte ich bei den ersteren Analysen nur durch die Differenz, nachher aber direct dadurch, dass durch Pyrogallussäure, welche man nach dem Kali in das Eudiometer brachte, der überschüssig zugesetzte Sauerstoff entfernt und der Stickstoffrest gemessen wurde.

Dass die Gase über Wasser aufgefangen wurden, ist in unserem Falle ohne Einfluss auf das Resultat, da in Wasser leicht absorbirbare Gase nicht vorhanden sein können; speciell kann Ammoniak schon deshalb nicht in den Blasen enthalten sein, weil sich dasselbe in der Glühhitze in Stickgas und Wasserstoff zersetzt.

Neben dem Gasvolumen wurde auch das Volumen der Bohrung jedesmal gemessen. In der folgenden Zusammenstellung habe ich das auf normalen Druck bezogene Gasvolumen in Procenten der Bohrung ausgedrückt. Natürlich ist diese Zahl nur von relativer Bedeutung; sie gehört eben nur dem kleinen Probeingot zu. Die Spannung des Gases in den Blasen liess sich durch Wägung des Ingots vor und nach dem Bohren annähernd finden. Aus der Differenz in Grammen dividirt durch 7,8 wird das Volumen des Metalls und durch Subtraction desselben von dem Volumen der Bohrung das Volumen der Poren bestimmt. Das Porenvolumen dividirt in das Gasvolumen giebt die Spannung in Atmosphären.

Nach diesen kurzen Angaben über die befolgten Methoden mögen nunmehr die Ergebnisse meiner Versuche in der nämlichen Reihenfolge Platz finden, wie sie erhalten wurden:

1) Bei der ersten Gasbohrung aus porösem Bessemerschienenstahl hatte ich in der Voraussetzung, dass nur etwa 8ccm Gas erhalten würden, ein entsprechend kleines Auffangefläschchen genommen. Die Bohrhöhlung enthielt aber eine bedeutend grössere Gasmenge. An der erhaltenen Probe constatirte ich Abwesenheit von Kohlensäure, Kohlenoxyd und Sauerstoff. Nichtsdestoweniger zeigte sich das Gas brennbar.

2) Bessemerschienenstahl.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Zusammensetzung: | H | = | 90,3 |
| | N | = | 9,7 |
| | CO | = | 0,0 |
| | | | 100,0 |
| Gasmenge . . . . . . . | | | 48 pCt. |

3) Bessemer-Federstahl. Derselbe schäumte beim Giessen. Der Ingot zeigte verhältnissmässig wenige und kleine Blasen. Die Bohrung wurde unter Rüböl vorgenommen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Zusammensetzung: | H | = | 81,9 |
| | N | = | 18,1 |
| | CO | = | 0,0 |
| | | | 100,0 |
| Gasmenge . . . . . . . | | | 21 pCt. |

4) Bessemermetall vor Spiegelzusatz. Wegen nicht gehöriger Verschliessung der Coquille zeigten sich viele sehr grosse Blasen.

Zusammensetzung: H = 88,8
N = 10,5
CO = 0,7
100,0

Gasmenge . . . . . . . 60 pCt.
Gasdruck . . . . . . . 3,5 Atm.

5) Bessemerschienenstahl derselben Charge nach Zusatz von Spiegeleisen.

Zusammensetzung: H = 77,0
N = 23,0
CO = 0,0
100,0

Gasmenge . . . . . . . 45 pCt.
Gasdruck . . . . . . . 7 Atm.

6) Bessemerroheisen vom Cupolofen. Das Eisen bildet beim Erstarren kleine Höcker, hat eine dünne weissstrahlige Kruste aber keine Blasen.

Zusammensetzung: H = 86,5
N = 9,2
CO = 4,3
100,0

Gasmenge . . . . . . . 15 pCt.

7) Bessemerroheisen vom Cupolofen. Wie bei 6.

Zusammensetzung: H = 83,3
N = 14,2
CO = 2,5
100,0

Gasmenge . . . . . . . 35 pCt.

8) Eine Massel Solway I. Keine Blasen.

Zusammensetzung: H = 52,1
N = 44,0
CO = 3,9
100,0

Gasmenge . . . . . . . 3,5 pCt.

9) Martinmetall von Bochum vor Zusatz von Spiegeleisen.

Zusammensetzung: H = 67,0
N = 30,8
CO = 2,2
100,0

Gasmenge . . . . . . . 25 pCt.

Der fertige Stahl nach Zusatz von Spiegeleisen erstarrt homogen.

10) Bessemerschienenstahl.

Zusammensetzung: H = 76,7
N = 26,3
CO = 0,0
100,0

Gasmenge . . . . . . . 29 pCt.
Gasdruck . . . . . . . 8 Atm.

11) Zu dem vorigen Stahl gehöriges Roheisen aus dem Converter nach schnellem Auf- und Niederkippen.

Zusammensetzung: H = 81,1
N = 14,8
CO = 4,1
100,0

Gasmenge . . . . . . . 28 pCt.

12) Eine Massel Georg-Marien-Hütte No. I. Blasenfrei.

Zusammensetzung: H = 62,2
N = 35,5
CO = 2,8
100,5

Gasmenge . . . . . . . 10 pCt.

13) Roheisen direct vom Hohofen (Bochum). Der Bruch sehr dicht und dunkel.

Gasmenge . . . . . . . 20 pCt.

Das Gas bestand wesentlich aus Wasserstoff. Die eigentliche Untersuchung verunglückte.

14) Daraus direct geblasenes Bessemermetall vor Spiegelzusatz.

Zusammensetzung: H = 80,4
N = 17,9
CO = 1,3
99,6

Gasmenge . . . . . . . 44 pCt.

Der nach Spiegelzusatz resultirende Schienenstahl war absolut dicht.

15) Bessemerflusseisen von einem westfälischen Werke. Der Ingot war weder gelunkert noch gestiegen und zeigte nur wenige Blasen.

Zusammensetzung: H = 68,8
N = 30,5
CO = 0,0
99,3

Gasmenge . . . . . . 16,5 pCt.

16) Schienenstahl von Prevali in Kärnten. Durch directe Unterbrechung erhalten.

Zusammensetzung: H = 78,1
N = 20,7
CO = 0,9
99,7

Gasmenge . . . . . . . 51 pCt.
Gasspannung . . . . . . 4,5 Atm.

17) Ein ausgeschmiedetes auf dem Bruche völlig dichtes Stück von blasigem Schienenstahl.

Zusammensetzung: H = 52,2
N = 48,1
100,3

Gasmenge . . . . . . . 5 pCt.

18) Ein sehr blasiger Block Schienenstahl von $150^{mm}$ zu einem quadratischen Stabe von $50^{mm}$ ausgewalzt. Bruch völlig dicht.

Zusammensetzung: H = 54,9
N = 45,5
CO = 0,0
100,4

Gasmenge . . . . . . . 7,3 pCt.

19) Dichter Stahl von Bochum.

Hr. Wasum liess aus ein und demselben grösseren Ingot vier Proben für meinen Bohrapparat herstellen, von denen zwei geschmiedet wurden. Das spec. Gewicht des nicht geschmiedeten Stahls betrug 7,821, das des geschmiedeten 7,824; Fehlergrenze 0,002.

a) Nicht geschmiedet.

1) Zusammensetzung: H = 92,4
N = 5,9
CO = 1,4
99,7

Gasmenge . . . . . . . 17 pCt.

2) Gasmenge . . . . . . . 14 pCt.

b) Geschmiedet.

Zusammensetzung: H = 73,4
N = 25,3
CO = 1,3
100,0

Gasmenge . . . . . . . 5,5 pCt.

§ 3.

Das Hauptergebniss der mitgetheilten Versuche ist, dass das in den Blasen enthaltene Gas aus Wasserstoff mit geringer Beimengung von Stickstoff besteht, dass hingegen Kohlenoxyd bei fertigem Stahl gar nicht und im todtgeblasenen Eisen vor Spiegelzusatz nur in kaum nachweisbaren Spuren vorhanden ist. Dieses Factum ist nicht nur völlig neu, sondern muss auch die bisherigen Theorien der Gasausscheidungen, welche von der Annahme ausgingen, das Gas sei Kohlenoxyd, zu Falle bringen. Allerdings liess sich a priori gerade für das Bessemerfrischproduct wegen der äusserst innigen Berührung des geschmolzenen Metalls mit gewaltigen Mengen von Kohlenoxyd, das Vorwiegen dieses Gases in den Blasen für wahrscheinlich halten. Dass trotzdem gerade dieses Gas fehlt und dafür dasjenige vorwiegt, an welches man am wenigsten gedacht, zeigt auf das Schlagendste, dass eine Gasausscheidung etwas anderes ist als eine Gasabsorption. Die Löslichkeit des Kohlenoxyds ist danach in niedrigeren Temperaturen und beim Erstarren nicht geringer als bei den höchsten Hitzegraden; der Stickstoff und noch mehr der Wasserstoff verhalten sich entgegengesetzt.

Da der gefundene Wasserstoff nur aus dem zersetzten Wasserdampfe der Luft stammen konnte, lag die Idee nahe, durch Trocknen der Gebläseluft die Blasen zu beseitigen. Freilich konnte dies nur unter der Voraussetzung als Erfolg versprechend erscheinen, wenn nicht bereits das Roheisen, welches ja im Hohofen wie im Cupolofen mit feuchter Luft in Berührung kommt, mit Gas gesättigt wäre. Obgleich eine grössere Anzahl in Coquillen gegossene Proben dunklen Bessemerroheisens blasenfrei erstarrte, war wegen der wenig dichten Structur dieses Metalls doch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass eine Menge freien Gases darin enthalten sei. Ferner zeigte schlechtes Bessemereisen, welches in der Coquille weissstrahlig erstarrte, die Erscheinung des Treibens und viele Blasen. Deshalb wurden die Versuche 6, 7, 11 und 13 vorgenommen. In der That erhielt ich in meinem Bohrapparate fast dieselbe Gasmenge aus dem in den Converter fliessenden Roheisen wie aus dem fertigen Stahl. Auch die Zusammensetzung des Gases war annähernd die nämliche, nur dass auch eine geringe Menge Kohlenoxyd gefunden wurde. Auch das direct vom Hohofen entnommene und in eine Coquille gegossene Bessemerroheisen enthielt 20 pCt. Gas (Versuch 11). Dagegen zeigten Masseln von deutschem und englischem Besssemerroheisen nur 10 bezw. 3,5 pCt. Gas, welches ausserdem relativ reicher an Stickgas war.

Wenn demnach schon das Roheisen eine Menge Gas enthält, so lässt sich daraus gleichwohl kein zwingender Schluss auf den Gasgehalt des gefrischten Metalls ziehen. Es kommen ausser den Löslichkeitsverhältnissen noch ganz andere Umstände in Frage. Dies geht vor allem aus der auf den ersten Blick paradoxen Thatsache hervor, dass nach kurzem Blasen und die ganze Eruptionsperiode hindurch die Schöpfproben blasenfrei erstarren, und erst ganz am Ende des Processes das Metall Gase ausscheidet. Diese Thatsache zwingt uns, die Aufmerksamkeit auf ein für das Verständniss der Gasausscheidungen äusserst wichtiges Gesetz zu richten, dessen Wesen aus dem analogen Verhalten wässeriger Gaslösungen am besten verständlich wird. Wir meinen das Gesetz der Fortführung aufgelöster Gase durch einen starken Strom eines anderen Gases. Wenn man Wasser mit Gasen sättigt und einen Luftstrom hindurchtreibt, so werden die gelösten Gase mechanisch mitgerissen und zwar die schwer löslichen bis auf Spuren. Chlor- oder Bromwasser z. B. wird, wenn man eine zeitlang Luft hindurchbläst, farblos, concentrirtes Ammoniak wird bald verdünnt. Je feiner vertheilt der Gasstrom ist, um so schneller und gründlicher führt er andere aufgelöste Gase fort. Das Metallbad im Converter wird aber ebenfalls von einem Gasstrome stürmisch durchsetzt. Deshalb wird auch dort eine mechanische Fortführung der gelösten Gase eintreten müssen. Natürlich müssen gleichzeitig auch wieder Absorptionen stattfinden, so dass jedesmal der Gasgehalt bedingt ist durch das Verhältniss der Zufuhr und Abfuhr. Da nun die hindurchgetriebene Menge des Stickgases und Wasserdampfes während der ganzen Dauer des Processes constant ist, so können diese Gase nicht weiter in Frage kommen. Ganz anders verhält sich das Kohlenoxyd. Dasselbe entwickelt sich vorwiegend in der Eruptionsperiode und verschwindet am Ende des Processes. Ausserdem entwickelt sich dieses Gas nicht allein in gewaltiger Menge, sondern steigt, wie wiederholt hervorgehoben, in der denkbar feinsten Vertheilung durch das Bad. Deshalb muss gerade dieses Gas, welches sich beim Erstarren nicht ausscheidet und auch nach Versuch 19 wahrscheinlich wenig aufgelöst wird, so lange die Kohlenstoffverbrennung währt, andere aufgelöste Gase fortführen. Erst wenn die Entwickelung desselben am Ende des Processes schwächer wird und aufhört, kann eine Sättigung mit Stickstoff und Wasserstoff stattfinden.

Das Verschwinden der Gase während der Eruptionsperiode hat somit eine einfache Erklärung gefunden. Ja noch mehr! In der entgasenden Wirkung des sich im Bade entbindenden Kohlenoxyds liegt die Möglichkeit, blasenfreien Guss zu erzielen, wie der folgende Paragraph beweisen wird.

§ 4.

Bereits in der Einleitung ist hervorgehoben worden, dass zwei der von mir besuchten Stahlwerke (Hoesch und Bochum) absolut dichte Ingots erzielen, dass aber vor Spiegeleisenzusatz das todtgeblasene Eisen heftig steigt und porös erstarrt. Ein vor Spiegelzusatz gegossener Ingot von Bochum gab im Bohrapparat 54 pCt. Gas von derselben Zusammensetzung wie alle analogen Versuche (Versuch 14). Auf beiden Werken ist die Spiegelreaction ausserordentlich heftig. Da nun nach dieser Reaction der Stahl kein überschüssiges Gas mehr enthält, muss dasselbe auch während derselben fortgeführt sein. Die Reaction besteht aber wesentlich in einer heftigen Entwickelung höchst fein vertheilten Kohlenoxyds innerhalb des Metallbades. Somit bietet diese Erscheinung den schlagendsten Beweis für die im vorigen Paragraphen klargelegte entgasende Wirkung des Kohlenoxyds. Was aber gerade der Spiegelreaction ein grosses wissenschaftliches Interesse verleiht, ist die Möglichkeit, derselben mit der Gasanalyse beikommen zu können. Wenn es gelänge, in dem Reactionsgase den fortgeführten Wasserstoff wiederzufinden, so wäre damit die sicherste Stütze der neuen Theorie gewonnen. Deshalb richtete ich mein Augenmerk darauf, das sich bei der Spiegelreaction entbindende Gas aufzufangen. Nach mehreren erfolglosen Versuchen, dasselbe an der Convertermündung zu fassen, kam ich schliesslich zu folgendem ebenso einfachen wie sicheren Verfahren. Nach Beendigung des Blasens lässt man vor dem Zufliessen des Spiegeleisens den Windkasten des Converters öffnen. Bei einer wirklich kräftigen Reaction werden dann aus allen Pfeifen brennende Gasstrahlen lebhaft hervorgetrieben. Man hat deshalb nur nöthig, ein mit mehreren Kugeln versehenes Glasrohr vermittelst eines Korkes in einer Pfeife zu befestigen, worauf das Gas mit Heftigkeit durchgetrieben wird, so dass es am vorderen Ende entzündet eine lange Flamme bildet und alle Luft aus dem Rohre verdrängt. Nachdem die Reaction ihr Ende erreicht, verschliesst man das Rohr mit bereit gehaltenen Wachsstopfen. Ich wählte die Kugeln so gross, dass der Inhalt einer jeden zu einer Gasanalyse genügte. Die Beschreibung der Manipulationen behufs Ueberführung des Gases in das Eudiometer unterlasse ich als nicht hierher gehörend, zumal ein jeder, welcher sich mit eudiometrischen Gasanalysen befasst, sich selber wird zu rathen wissen.

Auf die beschriebene Weise habe ich selber in Bochum bei zwei verschiedenen Chargen die fraglichen Gasproben aufgefangen. Beim ersten Versuche war die Röhre in eine hochgelegene Pfeife gesteckt, weshalb sie sich durch die Flammen der unteren erhitzt hatte; die zweite, in der tiefsten, blieb kalt. Letztere zeigte im Inneren einen erheblichen Wasserbeschlag. Später hat Hr. Ingenieur Wasum in Bochum für mich noch drei Proben aufgefangen, dabei die Röhren mit nassen Tüchern gekühlt; eine dieser Röhren zeigte ebenfalls Wasserbeschlag. Leider erwies sich nur bei zweien der fünf Röhren, und zwar bei solchen ohne Wasserbeschlag, der Wachsverschluss völlig dicht. Ihr Inhalt wurde mit der grössten Sorgfalt analysirt. Es wurde folgende Zusammensetzung gefunden.

| | I | II |
|---|---|---|
| CO | 82,6 | 78,55 |
| $CO_2$ | 0,0 | 0,86 |
| N | 14,3 | 16,38 |
| H | 2,8 | 2,52 |
| O | 0,0 | 1,32 |
| | 99,7 | 99,63 |

Demnach ist in dem Reactionsgase der Wasserstoff wirklich vorhanden. Ausser diesen Analysen zeigt der in zwei Fällen gebildete Wasserbeschlag auf das Unzweideutigste, dass Wasserstoff vorhanden war, welcher durch den Sauerstoff der im Converter stehenden Luft eine theilweise Verbrennung erlitten. Die gefundene Menge 2,8 pCt. entspricht fast genau der Voraussetzung. Das Metallvolumen einer Charge beträgt nahezu $1^{cbm}$. Rechnen wir nach den Versuchen des § 2 40 pCt. überschüssiges Gas, so macht das $0{,}4^{cbm}$, worin $0{,}35^{cbm}$ Wasserstoff. Da bei der Bochumer Reaction, wie in meiner Abhandlung über den deutschen Bessemerprocess nachgewiesen ist, etwa $15^{cbm}$ Kohlenoxyd entwickelt werden, so muss mit Rücksicht darauf, dass auch noch Stickstoff im Converter steht, der Wasserstoffgehalt etwa 2,5 pCt. betragen. Der gefundene Stickstoffgehalt erscheint etwas höher, als ich erwartet hatte. Abgesehen davon, dass es nur annähernd möglich ist, die Temperatur der vor der Reaction im Converter stehenden Luft- bezw. Stickstoffmasse anzugeben, würde aus einem Plus an Stickstoff nur folgen, dass das Bad mehr Stickstoff gelöst enthält, als sich beim Erstarren ausscheidet.

Durch die vorstehenden Ergebnisse hat die ganze Experimentaluntersuchung einen schönen Abschluss gefunden. Es ist ein ironischer Zufall, dass damit die bisherige Theorie geradezu auf den Kopf gestellt wird: Das Kohlenoxyd ist nicht nur nicht in den Blasen vorhanden, sondern es ist auch die Kraft, welche der Praxis dichte Güsse schafft.

Man fragt, ob die Praxis unter allen Umständen sich diese Erkenntniss wird zu Nutzen machen können. Thatsache ist, dass die Mehrzahl der deutschen Werke blasige Blöcke producirt. Die Spiegelreaction ist dann immer nur schwach. Eine kräftige Reaction muss derart sein, dass das Gas mit derselben Heftigkeit aus dem Converterhalse entweicht wie während des Blasens. Vorbedingung einer solchen ist die, dass die Charge auch wirklich todtgeblasen und das Bad mit oxydirtem Eisen gesättigt ist. (Vergl. § 6 meiner Abhdl. über den deutschen Bessemerprocess.) Es bleibt zu überlegen, ob dies in jedem Falle zu erreichen ist. Was zuvörderst das Silicium anbetrifft, so ist bereits in der Einleitung constatirt, dass es auf die Gasausscheidungen keinen directen Einfluss hat. Dass es auch die Spiegelreaction nicht verhindert, ist namentlich in Bochum aufs Sicherste constatirt. Es kann das Bad mehr als 1 pCt. Silicium enthalten, dabei doch todtgeblasen sein und eine heftige Spiegelreaction geben. Daraus folgt, dass bei Ver-

wendung von Hämatiteisen, welches ausser Kohlenstoff wesentlich nur Silicium enthält, der Erzielung dichten Gusses nichts im Wege steht. Anders steht es mit manganreichem Bessemereisen. Mangan wirkt ja kräftig reducirend, und verwendet man in der Praxis auch Ferromangan, um den Sauerstoff aus dem Bade zu entfernen. Wenn also ein Bad noch 0,5 bis 1 pCt.*) Mangan enthält, so kann es füglich nicht todt geblasen sein. In diesem Falle tritt auch nur schwache oder gar keine Spiegelreaction ein. Liesse sich aber der Manganrest nicht durch Weiterblasen, event. nach Zusatz kalten Stahlschrotts, beseitigen und dadurch eine starke Reaction erzielen? Mir ist auf diese Frage stets geantwortet worden, dass dann die Charge verloren sei. Ohne zu bezweifeln, dass diese Meinung einer thatsächlichen Beobachtung entsprungen, glaube ich doch, dass man die Sache in keinem Fall ernstlich verfolgt hat. Ein Abweichen vom gewohnten Betriebe bringt anfangs immer Misserfolge. Deshalb wird man sich dazu nur im Nothfalle entschliessen und die Blasen sind in der Regel kein Nothstand. Meines Erachtens ist also vorläufig der Beweis noch nicht erbracht, ob nicht jedes Roheisen ohne Misserfolg todtgeblasen werden kann, um eine zur Entgasung des Bades ausreichende Spiegelreaction hervorzurufen.

Daran knüpft sich noch eine andere Bemerkung. Der Zusatz des Spiegeleisens hat bekanntlich einen doppelten Zweck, erstens die Entfernung des Sauerstoffs, zweitens die Rückkohlung. Die eigentliche Reaction erfüllt nur den ersteren Zweck. An dieser Reaction betheiligen sich bei manganreichem Spiegeleisen Kohlenstoff und Mangan, wie aus dem Diagramm 5 meiner früheren Abhandlung zu ersehen, etwa in gleichem Masse. Es ist somit klar, dass ohne das Mangan die Kohlenoxydentwickelung doppelt so stark sein müsste, wodurch auch die Chancen für die Entgasung doppelt günstig geworden wären. Demnach erscheint es angezeigt, die Desoxydation mit Hilfe manganarmen Roheisens vorzunehmen und darauf den gewünschten Gehalt an Kohlenstoff und Mangan in Gestalt von Spiegeleisen oder Ferromangan zuzusetzen.

## § 5.

In den vorhergehenden Paragraphen hat der metallurgische Theil unserer Aufgabe seine Erledigung gefunden, indem wir an der Hand der Beobachtung und des Experimentes die Stoffe und Umstände kennen lernten, welche im Bessemerconverter eine Uebersättigung des Bades mit Gasen befördern oder verhindern. Der eigentliche Mechanismus der Blasenbildung innerhalb des Gussstückes ist noch nicht eingehender berücksichtigt worden. Wir haben uns eben damit begnügt, die Blasenbildung als eine Ausscheidung des Gasüberschusses zu kennzeichnen, welchen das Metall beim Erstarren nicht mehr aufgelöst zu halten vermag; die für die Praxis wichtigste Frage, wie dieser Ueberschuss zu vermeiden oder zu entfernen, nahm dabei unser ganzes Interesse in Anspruch.

*) Die Grenze des Mangangehaltes, bei der eine Sättigung des Bades mit Sauerstoff noch möglich ist, bedarf noch einer genaueren Feststellung.

Indem wir nunmehr auch den Vorgängen in der Coquille unsere Aufmerksamkeit schenken, bemerken wir, dass es unerlässlich ist, erst die einfachen Erscheinungen, welche das Eisen für sich, also ohne die Gasausscheidungen, darbietet, zu studiren.

Wenn eine Coquille mit gasfreiem Flusseisen, Stahl oder weissem Roheisen gefüllt wird, so zeigt der Block nach dem Erstarren die unter dem Namen Lunker bekannte Contractionserscheinung. Dieser Lunker ist in der Regel eine trichterförmige Vertiefung am Kopfe des Blockes, deren Spitze oft die ganze Länge desselben durchsetzt. Wenn man unmittelbar nach dem Giessen den Kopf des Blockes durch Abkühlung erstarren macht, während das Innere noch flüssig ist, bildet sich im Inneren des Blockes ein Hohlraum. Aus diesen bekannten Thatsachen ergiebt sich nichts anderes, als dass das Eisen mit vielen Körpern die Eigenschaft gemeinsam hat, beim Erstarren eine Volumenabnahme zu erfahren; andere Körper, namentlich das Wasser beim Gefrieren, verhalten sich bekanntlich entgegengesetzt. Das Lunkern ist keineswegs zu verwechseln mit dem Schwinden infolge der Abkühlung. Durch die Abkühlung der in der Coquille gebildeten äusseren Erstarrungsschale müsste der flüssige Inhalt ja herausgetrieben werden, weshalb die Contraction beim Erstarren in Wahrheit noch grösser ist, als sie sich im Lunker darstellt.

Ueber die Grösse des Lunkers hat Hr. Wasum in Bochum Versuche angestellt, indem er die Höhlung aus einem calibrirten Cylinder mit Wasser füllte. Er erhielt folgende Resultate.

| | Blockvolumen | Lunker | Lunker in pCt. |
|---|---|---|---|
| Bessemerstahl (Schienenstahl) | 34,96 cdm | 0,676 | 2,4 |
| | 35,30 | 0,673 | 1,9 |
| Martinstahl (Schienenstahl) | 36,80 | 0,80 | 2,2 |
| | 36,80 | 0,68 | 1,8 |
| Tiegelguss (Werzeugstahl) | 15,92 | 0,254 | 1,6 |
| Tiegelguss (Bandagenstahl) | 55,54 | 0,670 | 1,2 |

Wir dürfen nach diesen Versuchen annehmen, dass sich das Eisen beim Erstarren mindestens um 2 pCt. zusammenzieht. Es ist einleuchtend, dass dieser Umstand der Stahlgusstechnik nichts weniger als willkommen ist. Es ist stets Sorge zu tragen, dass der Lunker nicht in das Innere des Gussstückes gelangt. Zu diesem Zwecke versieht man die Form mit möglichst langem und weitem Einguss, in welchem sich dann der Trichter ausbildet; dieser Einguss muss womöglich aus schlechten Wärmeleitern hergestellt sein, damit darin das Metall nicht eher erstarrt als in der Form. Um in gewöhnlichen Coquillen Blöcke ohne Lunker zu erhalten, füttert man sie oben mit feuerfester Masse, giesst voll, streut Holzkohlen auf und giesst mehrmals nach. Eine andere Methode besteht darin, dass man die Coquille sehr lang-

sam vermittelst eines Trichters mit enger Oeffnung füllt, wobei der Block schon während des Giessens fest wird. Letzteres Verfahren verlangt indessen viel Zeit und sehr heissen Stahl.

Wenn es nach dem Mitgetheilten in der Natur des Eisens liegt, beim Erstarren eine Contraction zu erfahren, so muss in allen Fällen, wo Eisen oder Stahlguss nicht lunkert oder gar steigt, ein dehnendes Princip vorhanden sein. Diese Dehnung fällt fast ausschliesslich den Gasen zu. Nur beim grauen Gusseisen erscheint es zweifelhaft, ob nicht auch die ausgeschiedenen Graphitblättchen in demselben Sinne wirken, wie in unsichtbaren Poren ausgeschiedene Gase; jedenfalls zeigen die Versuche des § 2, dass graues Roheisen unter Umständen 30 pCt. Gas beim Bohren abgeben kann. Indessen geht aus dem überraschenden Versuche 19 hervor, dass selbst 17 pCt. Gase den Lunker nicht beseitigen, weil dieselben erst nach dem Festwerden, sozusagen intermolecular, ausgeschieden werden.*)

Damit also bei Flusseisen und Stahl infolge der Gase ein Auftreiben des Gussstückes stattfinden kann, müssen dieselben sich auch in Gestalt sichtbarer Blasen ausscheiden. Die Grenze für den Gasgehalt, unter welcher eine Ausscheidung erst nach dem Festwerden eintritt, dürfte in der Nähe von 20 pCt. liegen. Denn nach Versuch 19 ergab dichter und lunkernder Stahl 17 pCt. Gas, während für 15) bei 16,5 pCt. Gas bereits eine geringe Ausscheidung, aber kein Steigen, beobachtet wurde. Dabei ist wohl zu beachten, dass bei 19) das Gas fast gar keinen Stickstoff enthält, während bei 15) 30,5 pCt. gefunden wurden. Dies erinnert an die in der Einleitung erwähnten Versuche von Troost und Hautefeuille, nach denen festes Eisen ungleich mehr Wasserstoff aufzunehmen vermag als Stickgas. Die Grenze für die Ausscheidung liegt demnach um so höher, je weniger Stickstoff vorhanden ist. Wird diese Grenze aber überschritten, so findet auch Ausscheidung statt.

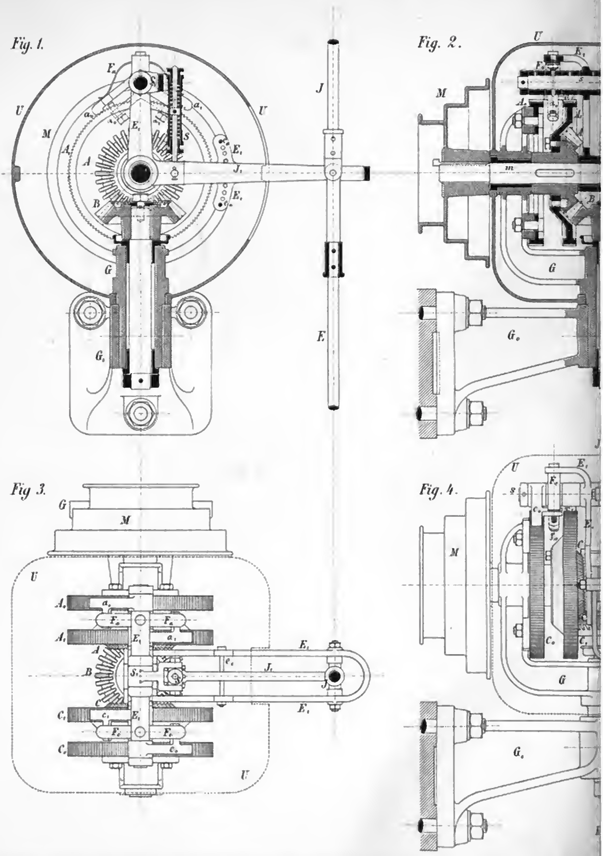
*) Der Versuch 19 giebt noch mancherlei zu denken. Es ist namentlich überraschend, dass nach dem Ausschmieden das spec. Gewicht nicht höher geworden, trotzdem über 10 pCt. Gase ausgetrieben wurden. Daraus folgt, dass im dichten, gegossenen Stahl der eingeschlossene Wasserstoff eine über alle Massen hohe Spannung haben muss und dabei vielleicht mit dem Metalle geradezu legirt ist. Im Bohrapparat wird das Metall in Schichten von weniger als $\frac{1}{10}$ mm Dicke abgetragen, wodurch das Gas einen Weg ins Freie findet. Ob die Späne noch Gas enthalten, werde ich noch durch Behandlung derselben mit Kupferchlorür festzustellen suchen. — Ich halte es für nicht unwahrscheinlich, dass das physikalische Verhalten des Gussstahls in der Hitze und Kälte von diesem Wasserstoff beeinflusst wird. Z. B. glaube ich, dass die Veränderung des gegossenen Stahls durch blosses Ausglühen mit dem Entweichen des Wasserstoffs zusammenhängt: sehr schwere Stücke müssten sich natürlich wesentlich anders verhalten als dünne. Dieser Vermuthung ist selbstverständlich nicht eher eine Bedeutung beizumessen, bis sie mit Hilfe des Bohrapparates experimentell begründet ist. Es ist hier noch ein ausgiebiges Feld für interessante und wichtige Untersuchungen, welches ich wegen meines baldigen Fortganges von Osnabrück leider nicht mehr in Angriff nehmen kann. Hoffentlich wird sich ein anderer Bearbeiter finden.

Die Art der Ausscheidung ist je nach der Grösse des Gasüberschusses verschieden. Bei völliger Sättigung des Bades entweicht ein Theil des Gases bereits, während das Metall noch völlig flüssig ist. Das Metall schäumt beim Giessen und macht den Eindruck, wie wenn ein stark moussirendes Getränk in ein Glas gegossen wird. Es ist klar, dass dieses Gas, ohne den Block zu alteriren, in die Luft entweicht. Gefährlich, d. h. blasenbildend, ist nur derjenige Theil des Gasüberschusses, welcher während des halbfesten Uebergangszustandes austritt, welcher letztere gerade für das Eisen charakteristisch ist und bekanntlich dessen Schweissbarkeit bedingt.

Bei sehr geringem Gasüberschusse, wobei das Volumen der Blasen etwa 2 pCt. beträgt, wird der Lunker gerade ausgeglichen, die Blöcke erstarren mit ebenen Köpfen und enthalten bis in ihre Mitte sporadische Blasen. Bei grösserem Ueberschuss bezw. nach der Beruhigung schäumenden Stahls zeigt sich das Phänomen des Steigens, das Metall bläht sich während des Festwerdens auf und würde, falls man ihm Freiheit liesse, zu einem wahren Schwamme werden. Deshalb wird sofort nach dem Giessen ein Blech auf den Kopf des Ingots gelegt, der Rest der Coquille mit Sand gefüllt und das Ganze fest verkeilt. Es ist nun selbstverständlich, dass die Gase in so verschlossenen Coquillen eine hohe Spannung annehmen müssen. Wir fanden in § 2, dass der Druck im kalten Block 3 bis 8 Atm. betragen kann, mithin muss derselbe beim Erstarren, also bei etwa 1400°, 15 bis 40 Atm. erreichen. Infolge dieses Druckes sind in der That mehrere Unglücksfälle vorgekommen; die Hauptgefahr liegt in dem zu frühen Oeffnen der Coquille.

Dieser Druck hat aber noch eine andere Folge. So wie das Wasser vermag auch das Eisen unter starkem Druck mehr Gase zu lösen; weshalb man unter Anwendung starken Druckes selbst aus solchem Stahl, welcher sonst blasig geworden wäre, dichte Blöcke erzielen kann. Im Einklang mit dieser Thatsache ist die Gruppirung der Blasen im Inneren zugekeilter Ingots. Dieselben haben eine mehr oder weniger dicke blasenfreie Schale, darauf folgt eine Schicht, so zellig wie ein Wespennest; weiter nach innen werden die Blasen spärlicher und verschwinden schliesslich ganz. Bei der Bildung der äusseren Kruste findet eine Concentration der Gase in dem flüssigen Reste statt, bis eine völlige Sättigung erreicht ist. Infolge der dann beginnenden starken Gasausscheidung steigert sich der Druck und die obere Erstarrungskruste wird gehoben. Weil aber die Verkeilung ein namhaftes Steigen verhindert, tritt alsbald eine derartige Spannung ein, dass eine weitere Gasausscheidung unterdrückt wird und somit ein blasenfreier Kern entsteht. Die Dicke der äusseren Kruste ist von grosser Bedeutung. Dieselbe muss hinreichend sein, um nicht in dem Stahlwärmofen durchzubrennen und Luft und Schlacke in die Porenschicht eintreten zu lassen. Im anderen Falle würde das Walzstück die bekannte schuppige Oberfläche erhalten. Das Volumen der äusseren Schicht dürfen wir wol dem Gasüberschuss

# Mechanisches Relais mit lauf



# dem Rotationswendegetriebe.

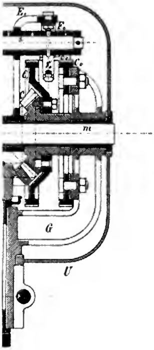
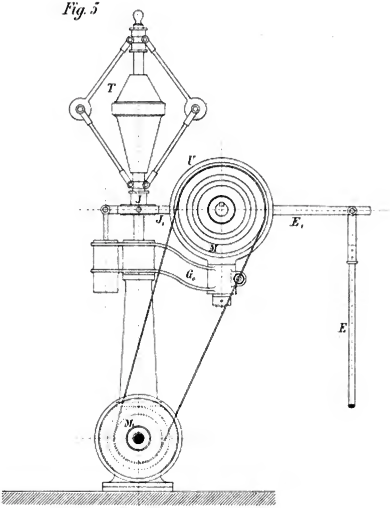



Fig. 5



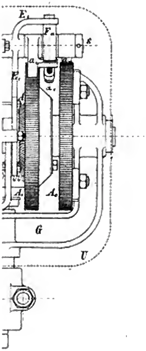
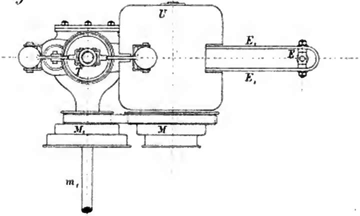



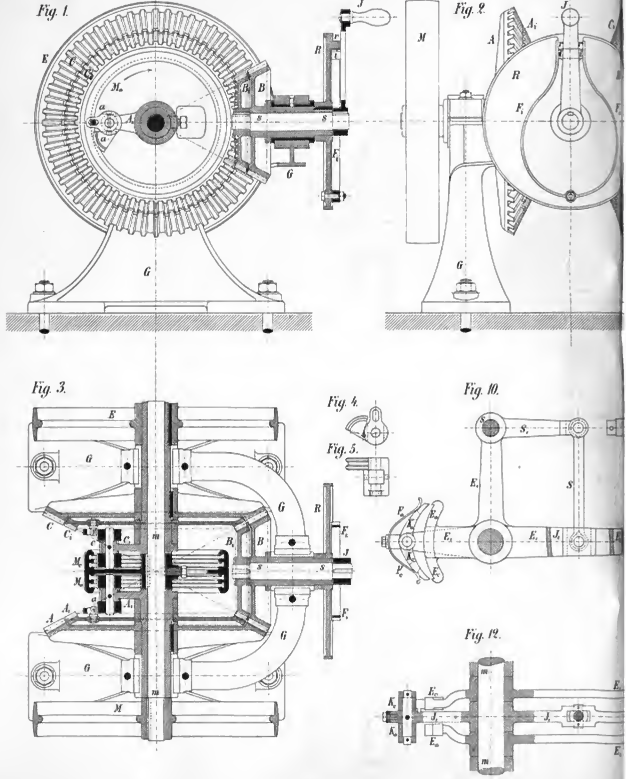

Fig. 6.




Veith, Darmstadt

879.

# Mechanische Relais mit ru



# nden Rotationswendegetrieben.

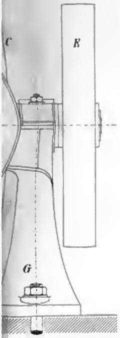


Fig. 6.

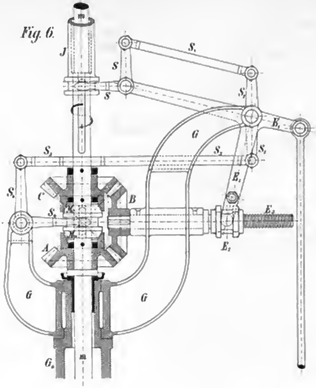


Fig. 7.

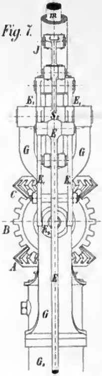


Fig. 11.

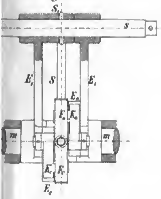




Fig. 8.

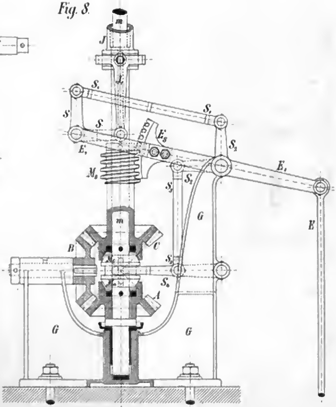
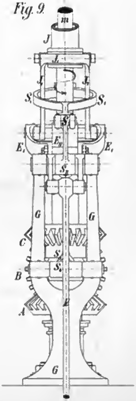


Fig. 9.



umgekehrt proportional setzen, wonach sich deren Dicke umgekehrt wie die Cubikwurzel aus dem Gasüberschusse verhalten würde.

Die nicht mit der äusseren Luft communicirenden Blasen verschwinden beim Schmieden und Walzen vollständig, falls die Blöcke warm genug gemacht waren. Man fragt zuerst, wo das Gas bleibt. Ich stehe nicht an, meine Versuche dahin zu interpretiren, dass dasselbe durch den ungeheuren Druck einfach ausgetrieben wird. Der Versuch 18 beweist, dass der Walzprocess in dieser Hinsicht nicht ganz so wirksam ist wie der Schmiedeprocess. Eine wichtigere Frage ist die, ob, trotzdem der gewalzte blasige Stahl dicht erscheint, nicht dennoch sein Gefüge weniger homogen ist als bei dichten Ingots. Dies würde nicht der Fall sein, wenn die Blasenwandungen nur eine scheinbare Schweissung erfahren hätten. Nach meiner Beobachtung an den verschiedensten Proben deutschen und österreichischen Bessemerstahls habe ich gerechte Zweifel, ob dieses Metall sich überhaupt schweissen lässt. Geschickte Schmiede haben in meiner Gegenwart niemals zwei Stücke so verschweissen können, dass dieselben nicht mit Hilfe eines Meissels wieder zu trennen gewesen; mir erschien die Hitze nicht hoch genug. Statt wahrer Schweissung wurde eine oft sehr innige Adhäsion zuwege gebracht. Nur wenn man eine Lamelle Schweisseisen zwischen legt, gelingt der Versuch.

Sobald es sich übrigens um langgestreckte Walzproducte handelt, ist es völlig gleichgiltig, ob die Poren wahrhaft zugeschweisst sind oder nicht. Denn dieselben werden ja durch das Walzen in äusserst feine Fäden gestreckt, die ausserdem dicht unter die Oberfläche zu liegen kommen, so dass eine Auflockerung nur denkbar wäre, wenn das Stück stark auf Torsion beansprucht würde.

Die Verarbeitung dichter Ingots bietet im Gegensatz zu porösen natürlich mancherlei Vortheile, da man ja nur auf die Formgebung, nicht auf die Dichtung und Veredelung des Materials Bedacht zu nehmen hat. Ausgeglühte Proben gegossenen Schienenstahls von Bochum zeigten neben 55 Festigkeit bereits eine Contraction von über 35 pCt. Ein solcher Stahl, noch mehr die härteren Nummern, würde sich meines Erachtens dem Tiegelstahl völlig ebenbürtig erweisen. Merkwürdig und durchaus nicht aufgeklärt ist der Umstand, dass nach dem Walzprocess derartiger Stahl in Bezug auf Contraction oft ungünstigere Resultate giebt als im gegossenen und ausgeglühten Zustande. Andererseits giebt es Werke, die, falls einmal eine Charge dichten Stahls fällt, die Blöcke sofort zum Ausschuss werfen, weil dieselben beim Schmieden und Vorwalzen grossrissig werden. Jedenfalls kommen beim Walzprocess noch viele räthselhafte Umstände in Wirkung, deren Auffindung und Verständniss noch lange Jahre fleissigen Studiums erfordern dürfte.

### Schluss.

Die vorliegende Abhandlung beschränkt sich fast ausschliesslich auf die Gasausscheidungen in Bessemergüssen. Tiegelstahl ist nicht untersucht, weil das Bochumer Werk, welches meine Arbeit auf das Bereitwilligste unterstützte, nur dichten Tiegelguss producirt. Indessen müssen die gefundenen allgemeinen Gesetze auf jeden Flussstahl Anwendung finden, mag derselbe entstanden sein, wie er wolle. Gasfreier Tiegelstahl wird lunkern, andererseits muss er blasig werden, falls er im geschmolzenen Zustande Gelegenheit hatte, sich mit Wasserstoff und Stickgas zu sättigen, abgesehen von dem Gasgehalt des Einsatzes. Meines Erachtens hängt, soweit der Gasgehalt in Frage kommt, die Güte des Tiegelgusses wesentlich von der Tiegelmasse ab. Sobald letztere porös ist, müssen die Ofengase zu dem Metall dringen, und zwar vorwiegend der Wasserstoff, weil er am schnellsten diffundirt. Mit Hilfe meines Bohrapparates wird man sich über die Menge des Gases leicht Aufschluss verschaffen und somit die Fabrikation wissenschaftlich controliren können.

Mir selber wird es nicht möglich sein, die Versuche noch weiter auszudehnen. Auch glaube ich, in dieser Sache bereits meine Schuldigkeit gethan zu haben. Das schwere Stück Arbeit, welches in meinen Versuchen und Analysen steckt, dürfte für die Theorie der Gasausscheidungen eine sichere wissenschaftliche Grundlage bilden.

---

# Das mechanische Relais.

Eine kinematische Studie von Professor **F. Lincke** in Darmstadt.

(Vorgetragen in der Section für Maschinenbau der XX. Hauptversammlung des Vereines am 26. August 1879.)

(Hierzu Blatt 24 bis 32.)

### Einleitung.

Die Maschinen dienen zur Ausführung von Bewegungen. Zweck der Bewegungen ist die Verrichtung nützlicher Arbeit. Die Bewegungsform ist durch die Art des Mechanismus bedingt, Sinn und Geschwindigkeit der Bewegung hingegen sind abhängig von dem Sinne der treibenden Kraft sowie von dem Verhältniss derselben zum Widerstand.

Wesentlich für die Wirkungsweise der Maschine ist ferner die Art der Anwendung der treibenden Kraft, in welcher Beziehung im Allgemeinen directe und indirecte Uebertragung unterschieden werden.

Ein Beispiel der directen Uebertragung zeigt die durch Fig. 1, Blatt 24 dargestellte Anlage eines Geschwindigkeitsregulators für eine Kraftmaschine. Jeder Stellung der Hülse $J$ des Tachometers $T$ entspricht eine

bestimmte Stellung der Drosselklappe $E$, vermittelst welcher der Zufluss motorischer Flüssigkeit vom Reservoir $R$ aus nach der Kraftmaschine hin in Uebereinstimmung mit dem von ihr zu überwindenden, veränderlichen Widerstand erhalten wird. Treibende Kraft im Regulatormechanismus ist die an der Hülse auftretende Verticalcomponente der Centrifugalkraft, Widerstandskraft die Reibung im Mechanismus.

Als Beispiel der indirecten Uebertragung möge die Anwendung des bekannten Francis-Uebertragers*), Fig. 2, dienen, welcher in eine Unterbrechung der Stange $m$ in Fig. 1 derart eingeschaltet werde, dass die Stange $i$ mit dem Winkelhebel am Tachometer, die Stange $e$ mit dem Hebel an der Drosselklappen-Achse zusammenhänge. Durch die vom Motor aus bewerkstelligte hin und her gehende Bewegung der Stange $m$ wird die ununterbrochen schwingende Bewegung des Winkelhebels $M$ bedingt, welcher in der senkrechten Stellung des Armes $J$ mit seinen Zugsperrhaken $a$ und $c$ wirkungslos über dem gezahnten Rade $E$ frei hin und her geht, indem letztere mit seitlich vorspringenden Bolzen auf der äusseren Seite des Steuerbogens $S$ hinschleifen. Winkelhebel $M$, Arm $J$ und Rad $E$ sind zwar conaxial, doch je für sich drehbar. In der Mittellage des Armes $J$ ragt der Steuerbogen $S$ auf beiden Seiten über die extremen Stellungen der Sperrhakenkanten hinaus, so dass eine Rechts- oder Linksdrehung des Armes $J$ um einen bestimmten Winkel erforderlich ist, um den Sperrhaken $a$ oder den Sperrhaken $c$ am Ende des Ausschlages mit dem Rade $E$ gerade nur in Contact kommen zu lassen. Dieser Winkel möge Steuerungswinkel heissen und mit $\sigma$ bezeichnet werden. Ist $\alpha$ der Schwingungswinkel des Sperrhakenträgers $M$, so ergiebt sich bei einer Ablenkung des Armes $J$ von seiner mittleren Stellung um den Winkel $\beta$ eine Drehung gleichen Sinnes**) des Rades $E$ pro Schwingungsperiode im Betrage:

$$\varepsilon = \beta - \sigma$$

oder bei $n$ Schwingungsperioden pro Minute eine mittlere secundliche Drehgeschwindigkeit $\omega$ des Rades $E$:

$$\omega = \frac{(\beta - \sigma)\, n}{60},$$

so lange $\beta \leq \alpha$ ist.

Die infolge einer Geschwindigkeitsänderung durch das Tachometer eingeleitete Bewegung der Drosselklappe wird (wenn der Steuerungswinkel gleich Null ist) erst nach Ausrückung des Uebertragers d. h. erst dann aufhören, wenn die normale Geschwindigkeit wieder hergestellt und das Tachometer in seine mittlere Stellung zurückgekehrt ist.

Einen anderen, gleichfalls in eine Unterbrechung der Stange $m$ in Fig. 1 einschaltbaren indirecten Uebertrager stellt Fig. 3 dar. Derselbe besteht zwar im Wesentlichen aus denselben Organen wie derjenige von Francis, unterscheidet sich aber von diesem hauptsächlich durch andere Einleitung und Ausleitung der motorischen Kraft, indem hier die hin und her gehende Triebstange $m$ an dem Zahnrade $M$ angreift, der Sperrhakenträger $E$ hingegen mit der Stange $e$ verbunden ist. Statt der Zugsperrhaken im vorigen Falle sind hier Drucksperrhaken vorhanden, welche bei übereinstimmender Lage der Arme $J$ und $E$ mit seitlich vorspringenden Bolzen ausser Eingriff auf dem Steuerbogen $S$ ruhen. Erfolgt nun eine Drehung des Armes $J$, beispielsweise in positivem Sinne, um einen Winkel $\beta$, welcher zunächst kleiner sei als der Schwingungswinkel $\alpha$ des Rades $M$, und ist wie vorhin $\sigma$ der Steuerungswinkel, so wird infolge Einfallens des Sperrhakens $a$ dem Arme $E$ in der positiven Hälfte der Schwingungsperiode des Rades $M$ eine Drehung im Betrage:

$$\varepsilon = \beta - \sigma$$

und zwar gleichfalls in positivem Sinne mitgetheilt.

Ist $\beta > \alpha$, so bleibt zwar dieselbe Gleichung bestehen, doch erfolgt die Drehung des Armes $E$ absetzend in mehreren Schwingungsperioden, und tritt der Einfluss des ohnehin möglichst klein zu wählenden Steuerungswinkels $\sigma$ relativ mehr zurück.

Analog ist die Erscheinung bei Drehung des Armes $J$ in negativem Sinne, so dass als Endresultat der Wirkung dieses Uebertragers eine Drehung des Armes $E$ in demselben Sinne und in demselben Betrage wie diejenige des Armes $J$ plus oder minus Steuerungswinkel sich ergiebt. Unabhängig zwar von der Geschwindigkeit des Armes $J$ erfolgt die intermittirende Bewegung des Armes $E$ mit der Geschwindigkeit des oscillirenden Rades $M$, so jedoch dass (den Steuerungswinkel $\sigma$, der übrigens gleich Null sein könnte, vernachlässigt) die Summe ihrer Wege gleich ist, und irgend einer gleichförmigen Bewegung von $J$ eine gleich grosse mittlere oder resultirende Geschwindigkeit von $E$ (die periodischen Bewegungspausen eingerechnet) entspricht bis zu dem Maximum derselben:

$$\omega = \frac{\alpha \cdot n}{60}$$

($n$ = Anzahl der Schwingungsperioden pro Minute), bei welchem die der Bewegung von $J$ gleichgesinnte Bewegungshälfte der Schwingungsperioden dem Arme $E$ vollständig mitgetheilt wird und das bei kleineren Geschwindigkeiten in jeder Schwingungsperiode wiederkehrende Ausheben des wirksamen Sperrhakens nicht mehr stattfindet. Die Ueberschreitung dieser maximalen Geschwindigkeit hätte das Durchlaufen des Steuerbogens und das Einfallen beider Sperrhaken bezw. eine blosse Kuppelung des Armes $E$ mit dem oscillirenden Rade $M$ zur Folge.

Das Resultat der Wirkung eines derartigen, in den Regulatormechanismus eingeschalteten Uebertragers stimmt demnach überein mit demjenigen der directen Uebertragung in sofern, als in beiden Fällen jeder Tachometerstellung eine bestimmte Drosselklappenstellung entspricht.

*) Dieser recht einfache, in vielen Variationen ausgeführte Uebertrager ist neuerdings auch von Escher, Wyss & Co. für die Regulatoren ihrer Turbinen verwendet worden, wie auf der diesjährigen Müllerei-Ausstellung in Berlin zu sehen war.

**) Die Rechtsdrehung d. h. die Drehung im Sinne des Uhrzeigers möge positive, die Linksdrehung negative Drehung genannt werden.

# Dict

Fig. 1.

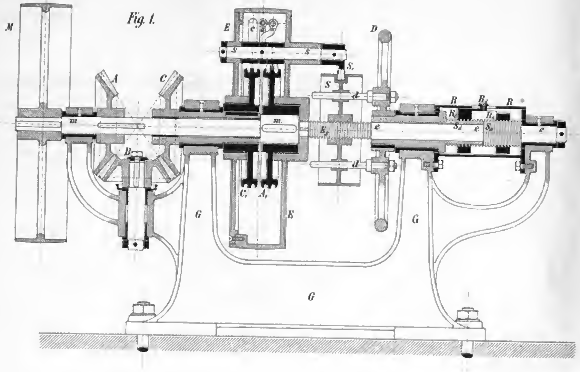



Fig. 7.

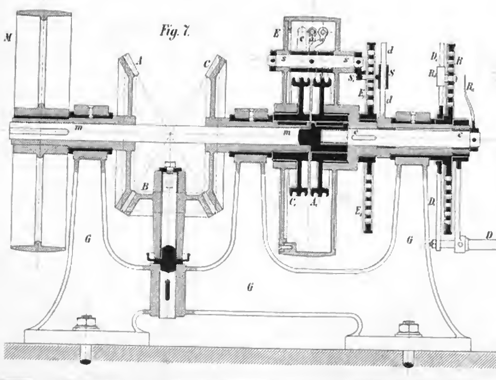



Fig. 9




Fig. 10.




Fig. 8.




Lith. Anst. v. F. Wir

ren.

2.

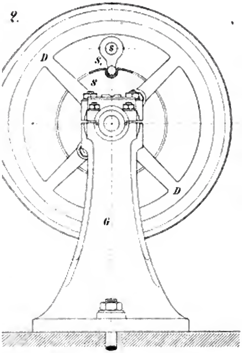



Fig. 3.

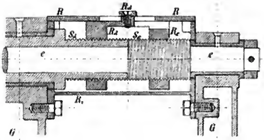



Fig. 4.

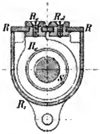



Fig. 5.

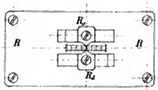
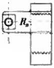



Fig. 6.



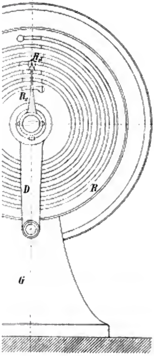



Fig. 11.

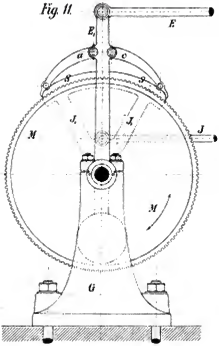
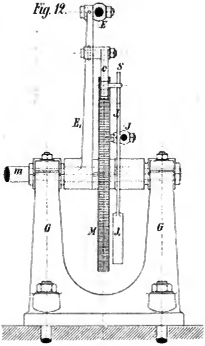
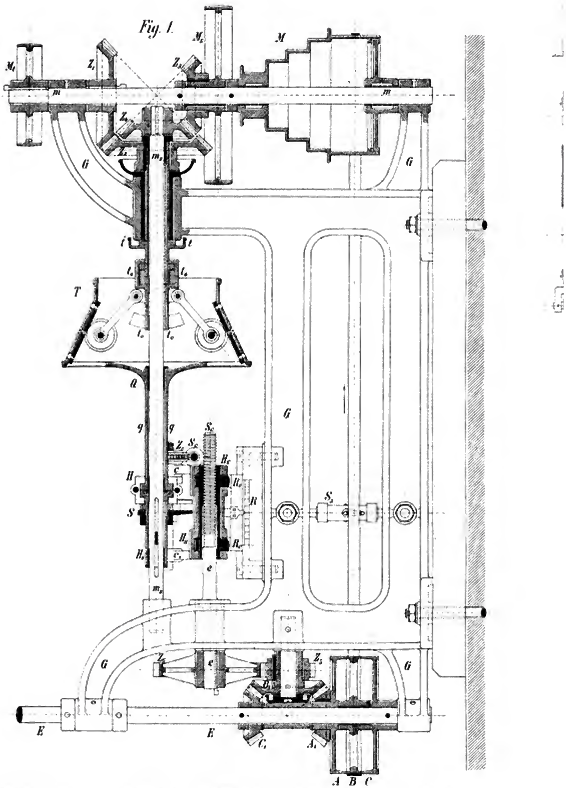



Fig. 12.



# Dictatorisch wirkende



# …Centrifugalregulator.

Fig. 3.

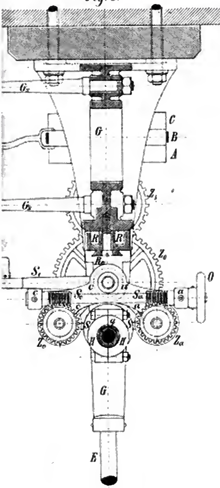



Fig. 4.

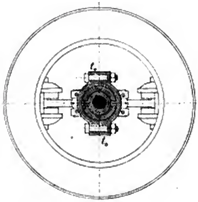
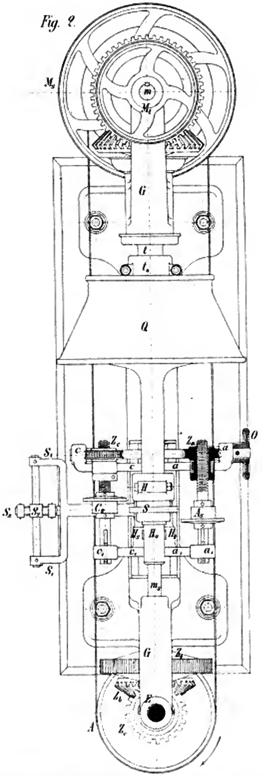


Fig. 2.



# Centrifugalregulatoren m

Fig. 1.

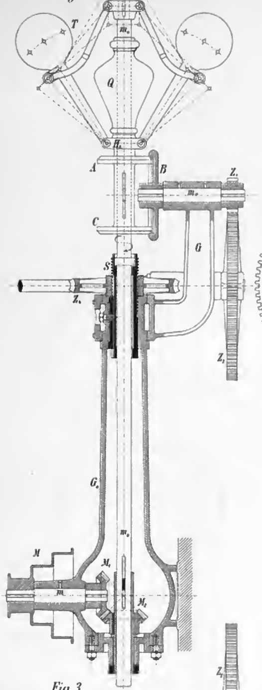
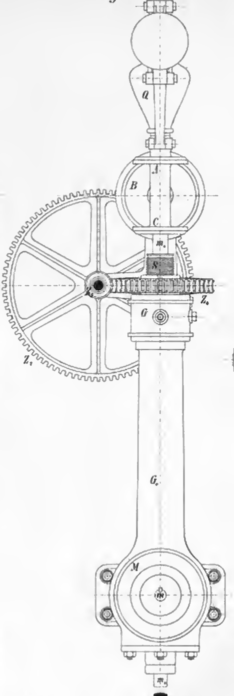


Fig. 2.



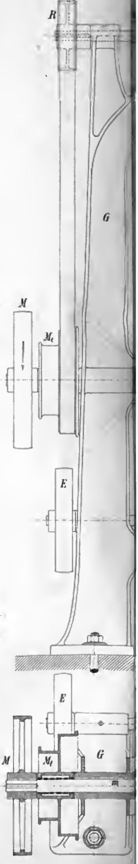


Fig. 3.

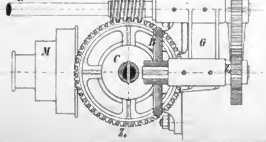


Fig. 4.



Lith. Anst. v.

# schwebender Aufhängung.

. 5.

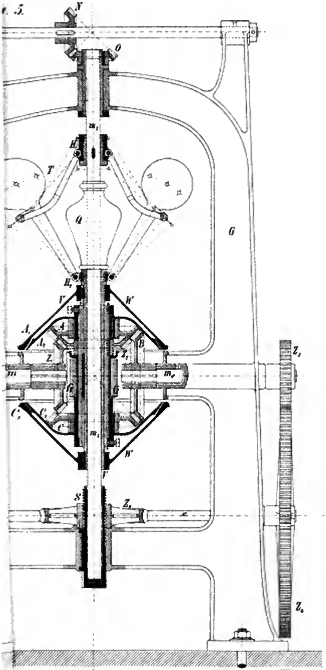
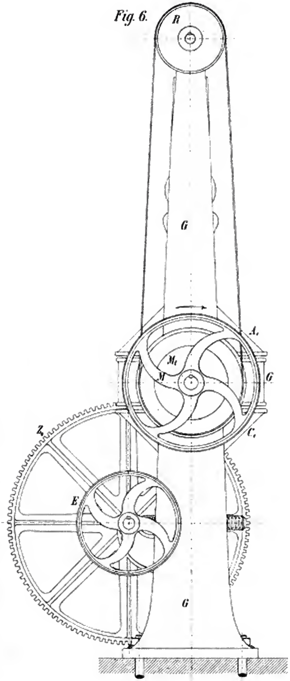


Fig. 6.



g. 7.

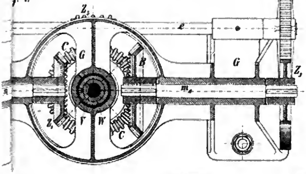
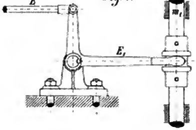


Fig. 8.



Die zur Bewegung der Drosselklappe erforderliche Kraft jedoch wird dort durch das Tachometer hindurch auf Kosten der Regelmässigkeit des Ganges der Maschine, hier hingegen mit Umgehung des Tachometers vom Motor nach der Drosselklappe hin geleitet, wobei an der Regulatorhülse nur noch die zum Steuern des neuen Uebertragers erforderliche, verhältnissmässig sehr kleine Kraft auftritt.

Letztere Eigenschaft besteht nun zwar bei beiden indirecten Uebertragern, ihre Wirkung jedoch ist, wie schon gezeigt wurde, wesentlich verschieden, und es werden die bei Francis, wie bei anderen gebräuchlichen indirecten Uebertragern, bekanntlich unvermeidlichen, unter Umständen sehr bedeutenden Geschwindigkeitsschwankungen beim Uebergange von einem Beharrungszustand in einen neuen Beharrungszustand durch den neuen Uebertrager fast vollständig vermieden.

Der kinematische Unterschied beider Uebertrager besteht aber nur darin, dass ihre Organe von der treibenden Kraft in umgekehrter Weise durchflossen werden. Das Verhältniss derselben zu einander ist analog demjenigen von Pumpe zu Wassersäulenmaschine oder Schöpfrad zu Wasserrad, d. h. der neue Uebertrager ist die motorische Umkehrung des Francis'schen Uebertragers.

Sehen wir nun von der speciellen Verwendung dieses Mechanismus als Uebertrager für Regulatoren ab und bringen an dem Arme $J$ einen Handgriff an, um vermittelst desselben die Drehbewegung willkürlich in wechselndem Sinne mit veränderlicher Geschwindigkeit ausführen zu können*), so wird ebenfalls die resultirende Bewegung des Armes $E$ nach Mass, Sinn und Zeit mit derjenigen des Armes $J$ übereinstimmen. Die Bewegung des Armes $E$ geschieht also durch den Motor nach Massgabe der Bewegung des Armes $J$. Dieser zeichnet die Bewegung nur vor und der Motor leistet dabei Vorspann.

Es mögen deshalb derartige Mechanismen „Relais" und zwar „Mechanische Relais" da genannt werden, wo es sich um ihre Unterscheidung von den in der Telegraphie angewendeten elektrischen Relais handelt, deren Wirkung eine ähnliche ist.

### Definition und Analyse des mechanischen Relais.

Das mechanische Relais dient dazu, **Bewegungen, welche an einem entfernten Orte unter Ueberwindung der auftretenden Widerstände auszuführen sind, mit angemessener Benutzung einer ausreichenden Arbeitsquelle nach Sinn, Mass und Zeit so vor sich gehen zu lassen, wie dies von einem beliebigen Standorte aus vorgezeichnet wird.**

Die Lösung dieser Aufgabe erscheint in sofern wichtig für das Maschinenwesen, als sie uns zum absoluten Lenker der Maschine macht, und werden wir uns mit praktischen Anwendungen noch zu beschäftigen haben.

Die Organe jeder vollständigen Maschine mit Relais sind, wie sich a priori aussprechen lässt, folgende:

1) Die Einrichtung, vermittelst welcher wir unseren Willen zum Ausdruck bringen, nämlich der **Indicator**, wie der die beabsichtigte Bewegung indicirende Theil heissen möge (derselbe kann z. B. als ein mit Handgriff versehener Zeiger ausgeführt sein), und die **indicatorische Leitung** oder **Kette**, durch welche das Bewegungscommando nach dem Relais hin transmittirt und diesem mitgetheilt wird.

2) **Arbeitsvorrath** und **Kraftmaschine**, die je nach unserer Verfügung die zur Ueberwindung der Widerstände erforderliche Kraft zu leisten haben. Wo der Motor nicht unmittelbar am Relais angebracht ist, ergiebt sich zwischen beiden die **motorische Leitung** oder **Kette** für die Transmission der Triebkraft.

3) Das **executive Organ** d. h. der Mechanismus, mit welchem die beabsichtigte, unter Ueberwindung von Widerständen vor sich gehende Bewegung zwangsweise vollstreckt wird. Wir wollen dasjenige Glied des Mechanismus, welches mit Verrichtung mechanischer Arbeit den bezweckten Weg beschreibt, **Executor** und die von dem Relais aus nach demselben hin sich erstreckende Transmission **executive Leitung** oder **Kette** nennen.

4) Das **Relais**, in welchem die drei genannten Ketten zusammentreffen, bestehend aus **Wendegetriebe** und **Steuerung**.

Das Wendegetriebe bildet zwar einen wesentlichen Theil einer jeden Maschine, mit welcher Bewegungen in verschiedenem Sinne ausgeführt werden (als Beispiel möge der Dampfkrahn genannt werden), der wichtige Unterschied zwischen einer solchen Maschinenanlage und derjenigen mit Relais besteht aber darin, dass wir dort nach entsprechender Einrückung des Wendegetriebes den executiven Weg messen müssen und im richtigen Augenblick auszurücken haben, um das vorgeschriebene Mass des Weges zu erreichen, während hier Einrückung, Vorzeichnung des executiven Weges und Ausrückung in der Bewegung des Indicators derart zusammengefasst werden, dass der wechselnden Bewegung des Indicators eine gleichzeitige proportionale Bewegung des Executors entspricht.

Hinsichtlich der praktisch wichtigeren Bewegungsformen haben wir Relais für die geradlinig hin und her gehende Bewegung und für die Drehbewegung, also **Hubrelais** und **Rotationsrelais** zu unterscheiden. Ferner ist zu beachten, ob wir es mit Mechanismen ausschliesslich von starren d. h. beiderseitig festen Elementen oder mit solchen zu thun haben, in welchen auch Flüssigkeiten d. h. nur einseitig feste Elemente auftreten. Weiterhin aber giebt es innerhalb dieser Unterscheidungen noch verschiedene, das Relais charakterisirende Arten von Wendegetrieben, so dass zunächst ein Ueberblick über dieselben zweckmässig erscheint.

*) Um dabei nicht auf einen kleinen Drehwinkel beschränkt zu sein, ist die Anbringung von Federn nöthig, welche in allen Drucklagen des Armes $E$ die Sperrhaken am Steuerbogen anliegend erhalten und sicher zum Eingriff bringen.

Wendegetriebe.

Eines der gebräuchlichsten Rotations-Wendegetriebe stellt Fig. 4 dar. Dasselbe besteht aus der motorischen Welle $M$, der Räderterne $A$, $B$, $C$, dem Steuerhebel $J$ zur Bewegung der verschiebbaren Kuppelhülse und der executiven Welle $E$.

Dieselbe Zusammensetzung zeigt zwar auch das Wendegetriebe Fig. 5, doch ist es, wie aus den in beiden Figuren gleichbedeutenden Buchstaben hervorgeht, die motorische Umkehrung des vorigen Falles. Dort ist die Räderterne fortwährend in Rotation, hier wird sie nur bei Einrückung des Wendegetriebes in Gang gesetzt; deshalb möge ersteres laufendes Rotations-Wendegetriebe, letzteres ruhendes Rotations-Wendegetriebe genannt werden.

Das schon in der Vorbetrachtung beschriebene intermittirende Rotations-Wendegetriebe, s. Fig. 2 und 3, zeichnet sich dadurch aus, dass beide Bewegungsrichtungen an ein und demselben Gliede des Mechanismus abwechselnd auftreten. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass das Rad mit beiderseitig wirkender Verzahnung durch zwei mit einander fest verbundene Räder von einseitig wirkender, aber entgegengesetzter Verzahnung ersetzt werden kann.

Wir sind aber auch bei nur einer Bewegungsrichtung des motorischen Gliedes im Stande, in beliebigem Sinne executive Bewegung erfolgen zu lassen, wenn bei der Bewegung des executiven Gliedes im Sinne des motorischen Gliedes nicht blos die dazu an sich erforderliche mechanische Arbeit verrichtet, sondern zudem im executiven Gliede selbst noch mechanische Arbeit angehäuft wird, die nachher zu seiner Bewegung in entgegengesetztem Sinne benutzt werden kann. Wendegetriebe dieser Art mögen belastete Wendegetriebe genannt werden.

Hierher gehört beispielsweise der in Fig. 6 dargestellte, in älteren Mühlen häufig anzutreffende Aufzug. $M_0$ treibende, $M$ getriebene Scheibe, $M_1$ Lastseilscheibe, $Q$ Fahrstuhl mit Nutzlast. Bei entsprechender Anspannung des Riemens $m$ durch Heben des Lagerbalkens $J_1$ mit den Scheiben $M$ und $M_1$, was mit Benutzung des Zugseils $i$ von Hand geschieht, erfolgt Hebung des Fahrstuhls mit Last.

Das Anhalten der Last und Erhalten derselben in irgend einer Höhenlage würde zwar in der Weise denkbar sein, dass durch angemessenes Senken des Lagerbalkens die Riemenspannung auf ein Mass reducirt würde, bei welchem der Riemen unter schleifender Bewegung dem Aufzuge gegen Niedergang gerade Gleichgewicht hielte, doch geschieht dies mit Vermeidung der in diesem nahezu labilen Gleichgewicht liegenden Unbestimmtheit thatsächlich einfach durch rasches Niederlassen der Scheibe $M$ auf den Bremsklotz $R$, auf welchem sie vermöge ihrer Belastung durch Reibung festgehalten wird. Löst man durch Heben des Lagerbalkens die Bremse, die hier als Reibungsgesperre dient, aus, ohne den Riemen anzuspannen, so erfolgt, indem das Gewicht des Fahrstuhls als treibende Kraft auftritt, der Niedergang, der jederzeit dadurch wieder beendigt werden kann, dass man die Scheibe $M$ auf den Bremsklotz zurückfallen lässt.

Ein Wendegetriebe derselben Art, gleichfalls als Hebe- und Senkmaschine dienend, im Wesentlichen nur eine constructive Modification des vorigen Falles, zeigt Fig. 13. Auf der centralen Welle sitzt festgekeilt die Lastscheibe, lose die treibende Scheibe $M$ und prismatisch gepaart, vermittelst des Steuerhebels $S$ axial verschiebbar, die mit zwei Frictionsscheiben versehene Kuppelhülse. Dem Bremsklotze $R$ im vorigen Falle entspricht hier die Frictionsscheibe am Gestell; für die Einleitung der Triebkraft bezw. das Heben der Last, welche dort durch Anspannung des Riemens bewirkt wird, dient hier vortheilhafter Weise eine besondere Reibungskuppelung an der Riemenscheibe. Ferner ist die Steuerung an sich dort ein belastetes Wendegetriebe und demnach durch ein Zugorgan d. h. ein nur einseitig festes Organ bewegbar, während hier die Steuerkraft in wechselndem Sinne an einem beiderseitig festen Steuerhebel $S$ aufzutreten hat.

Endlich zeigt Fig. 14 ein intermittirend wirkendes belastetes Wendegetriebe, von der Corliss-Dampfmaschine her wohl bekannt, welches von dem motorischen Arme $M$ her dem auf der Hahnwelle sitzenden Winkelhebel $E$ mit dem Gewichte $Q$ (oder einer Feder statt desselben) nach Massgabe der Stellung des vom Tachometer vertical bewegbaren Anschlages $S$ periodisch verschieden grosse Winkelbewegungen ertheilt. Die Reibungsstützung oder tangentiale Stützung im vorigen Falle ist hier durch Normalstützung ersetzt. Die Sperrung und die zur Regulirung der rückgängigen Geschwindigkeit dienende Bremse fehlen hier, doch liesse sich durch Ausbildung des Armes $E$ zu einem Sperrrade mit zugehörigem Sperrhaken vom Gestelle aus, dessen Aushebung gleichfalls von $S$ bewirkt würde, der Mechanismus zu einem Schaltwerke mit Sperrung machen d. h. dahin ergänzen, dass nach Mass und Sinn beliebige Bewegung executirt werden könnte.

Hub-Wendegetriebe lassen sich aus den Rotations-Wendegetrieben dadurch herstellen, dass an Stelle der getriebenen Räder Zahn- oder Frictionsstangen verwendet werden oder, wie bisherige Beispiele schon zeigten, die Drehbewegung des Rotations-Wendegetriebes in eine gleichgesinnte geradlinige Bewegung umgewandelt wird.

Von besonderem Interesse sind noch die Flüssigkeits-Wendegetriebe, deren Bildung, wie der Vergleich zeigen wird, derjenigen der bisherigen Wendegetriebe analog ist.

Fig. 8 zeigt ein continuirlich wirkendes belastetes Flüssigkeits-Wendegetriebe, zu dessen Bewegung hier das ununterbrochen rotirende, motorische Kapselräderwerk $M$ dient. Durch Drosselung des vom Reservoir $R$ aus durch das Kapselräderwerk gehenden und oberhalb von dem Druckrohre aus wieder zurückkehrenden Flüssigkeitsstromes vermittelst des Schieberventils $S$ lässt sich die Pressung $p_1$ der Flüssigkeit unter

dem belasteten Kolben $Q$, bezw. der Druck auf diesen, so reguliren, dass derselbe unter Ueberwindung der auftretenden Widerstände sich auf oder ab bewegt oder in Ruhe bleibt. In diesem Falle ist, wenn von der Kolbenreibung abgesehen wird, das Gleichgewicht allerdings nur ein labiles. Die Wirkung ist dieselbe wie bei dem Wendegetriebe Fig. 6, nur fehlt die dort mit dem Bremsklotze bewerkstelligte Sperrung hier gänzlich. Diese ist durch Abstellung des Motors oder ohne Unterbrechung seines Ganges dadurch herstellbar, dass vermittelst eines Hahns die Leitung nach dem Cylinder hin abgeschlossen und zugleich eine andere Leitung geöffnet wird, die entweder als Leerlauf dienen oder nach einem Accumulator hinführen kann. Hierauf beruhen z. B. die verschiedenen Systeme von Dampf- und hydraulischen Krahnen.

Das Analogon zu dem intermittirend wirkenden belasteten Wendegetriebe in Fig. 14 würde durch Anwendung einer Kolbenpumpe herzustellen sein.*)

Das in Fig. 8 vorgeführte belastete Hub-Wendegetriebe lässt sich, wie Fig. 7 zeigt, dahin umbilden, dass der Flüssigkeitsstrom den belasteten Kolben durchschreitet. Die Steuerung geschieht zwar hier wieder durch Drosselung bezw. durch Veränderung des auf den Kolben wirksamen specifischen Druckes $p_1 - p_0$ vermittelst des Ventils $S$, dieses wandert aber nun mit dem Kolben, während dasselbe im vorigen Falle stationär war.

Wir kommen nun zu den **Flüssigkeits-Wendegetrieben mit Stromwendung** d. h. mit Umkehrung des Bewegungssinnes der motorischen Flüssigkeit. Dieselbe kann, Fig. 9, mit Benutzung des Steuerhahns $S$ vom Oberreservoir $R$ nach dem Unterreservoir $R_1$ Arbeit verrichtend in beliebigem Sinne durch die (hier als Kapselräderwerk dargestellte) Kraftmaschine $M$ geleitet werden; entweder, wie aus der Hauptfigur hervorgeht, auf dem Wege:

$$R - L_1 - L_4 - M - L_3 - L_2 - R_1,$$

die Kraftmaschine aufwärts durchschreitend, oder, wie die Nebenfigur zeigt, auf dem Wege:

$$R - L_1 - L_3 - M - L_4 - L_2 - R_1,$$

die Kraftmaschine abwärts durchlaufend.

Auch bei **Kolbenmaschinen** kann die Stromwendung zur Herstellung eines Rotations-Wendegetriebes benutzt werden, wie dies bei den, besonders für Förderanlagen häufig angewandten Dampfmaschinen mit sog. Dampfumsteuerung der Fall ist. In solchen Maschinen wird ohne Veränderung der Stellung des Vertheilungsexcentrik zur Kurbel durch blosse Verstellung des Umsteuerungsschiebers der Kesseldampf entweder vom Schieberkasten aus in den Dampfcylinder und nach der Arbeitsverrichtung von diesem aus unter dem Muschelschieber durch den Mittelcanal entlassen oder umgekehrt vom Mittelcanal aus durch den Dampfcylinder nach dem in diesem Falle mit der Exmissionsleitung communicirenden Schieberkasten geleitet. Bekanntlich wird den Vertheilungsschiebern derartiger Maschinen behufs Reduction der Compression nur eine sehr geringe oder gar keine Ueberdeckung gegeben. Zur Vermeidung von Todtlagen d. h. um die Ingangsetzung in allen Winkelstellungen zu ermöglichen, werden in der Regel zwei Maschinen unter rechtem Winkel gekuppelt.

Dieses Rotations-Wendegetriebe ist aber noch bemerkenswerth dadurch, dass es in der Kolbenmaschine an sich ein Hub-Wendegetriebe enthält, welches gleichfalls auf Stromwendung beruht, wie an dem in Fig. 10 dargestellten Beispiel einer gewöhnlichen Kolbenmaschine mit den beiden Kolbenschieberhälften $S_1$ und $S_2$, Admissionsleitung $A$ und Exmissionsleitung $B$ leicht zu verdeutlichen ist.

Bringt man durch entsprechende Abwärtsbewegung des Vertheilungsschiebers den oberen Canal mit der Admissionsleitung, den unteren Canal mit der Exmissionsleitung in Verbindung, so entsteht vom Schiebergehäuse aus durch den oberen Canal, durch den Cylinder hindurch und durch den unteren Canal zwischen den beiden Schieberhälften hindurch nach der Exmissionsleitung hin ein Flüssigkeitsstrom von positivem Sinne, welcher den Niedergang des in ihm eingeschalteten Kolbens bedingt. Durch die Aufwärtsbewegung des Vertheilungsschiebers erfolgt eine Vertauschung der Communicationen, die Wendung des Stromes und damit der Aufwärtsgang des Kolbens. Diese von Hub zu Hub wiederkehrende Stromwendung in der Kraftmaschine selbst ist also bei dem vorhin beschriebenen Rotations-Wendegetriebe, der Kolbenmaschine mit Umsteuerung, ebenfalls und zwar selbstthätig wirkend vorhanden, dient aber dort nur zur Hubwendung, während unabhängig davon die Wendung der Rotation mit dem in Fig. 9 dargestellten Umsteuerungshahn bewirkt wird. Wir haben es demnach mit

*) Es ist an dieser Stelle auf **Reuleaux**'s interessante Darstellung der Sperr- und Schaltwerke, insbesondere der Flüssigkeits-Schaltwerke, sowie der Ausrückungen und Wendegetriebe in seinem Werke „Theoretische Kinematik. Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens", ferner auf die von ihm in den „Verhandl. des Vereines zur Bef. des Gewerbefl. in Preussen", Jahrg. 1877 veröffentlichte Arbeit: „Ueber die Sperrwerke und ihre Anwendungen" hinzuweisen, welche Materien durch die hier vorliegenden Betrachtungen nach verschiedenen Richtungen eine Erweiterung erfahren. Der dort von **Reuleaux** gewählten, nicht als zutreffend erscheinenden Benennungen möchten wir, obgleich dieselben in der von Prof. **Gustav Herrmann** bearbeiteten, neuen Auflage von **Weisbach**'s „Ingenieur- und Maschinenmechanik", dritter Theil, S. 878 theilweise eingeführt sind, uns doch um so weniger bedienen, als die gebräuchlichen Namen an Deutlichkeit kaum etwas zu wünschen übrig lassen dürften. **Reuleaux's laufendes Gesperre** (Beispiel: Sperrwerk einer Hebemaschine) nennen wir **einseitig wirkendes Gesperre**, sein **ruhendes Gesperre** (Beispiel: Locomotivsteuerhebel mit Stellriegel und gezahntem Bogen) **beiderseitig wirkendes Gesperre**, während wir unter **ruhendem Gesperre** das Gesperre im primitiven Sinne des Wortes d. h. das zur blossen (einseitigen oder beiderseitigen) Festhaltung dienende Gesperre verstehen und unter **laufendem Gesperre** das zum Mitnehmen und Treiben eingerichtete Sperrwerk oder kurzweg **Schaltwerk**, welches übrigens, wie leicht erkennbar, um ein kinematisches Glied reicher ist als das in ihm enthaltene Gesperre an sich. Mit **rückläufiger Bewegung** eines Schaltwerkes dürfte eher der wirkungslose Rückgang des treibenden Gliedes bezeichnet werden, als das, was **Reuleaux** damit meint, nämlich die **motorische Umkehrung**, welche wir am Uebertrager von **Francis** vornahmen.

einer Combination zweier Steuerungen bezw. Stromwendungen zu thun: durch die eine, die selbstthätig wirkende, wird die Bewegungsfigur der motorischen Flüssigkeit, durch die andere, die willkürlich bewegbare, der Sinn der Bewegung in dieser Figur und damit der Sinn der executiven Rotation bestimmt.

Endlich aber kann die Stromwendung auch noch (statt zwischen Schieberkasten und Mittelcanal) innerhalb der Kolbenmaschine selbst behufs Wendung der Rotation stattfinden, wie dies bei den gewöhnlichen Umsteuerungen, z. B. durch Umwerfen des Vertheilungsexcentrik auf die andere Seite der Kurbel, geschieht und beim Umsteuern während eines Kolbenhubes deutlich erkennbar ist.

Eine charakteristische Art der Bewegungswendung besteht aber noch darin, dass der Sinn der Kraftmaschine geändert wird. Ein Mechanismus z. B., wie ihn Griffith für seine Schiffsschraube zur richtigen Einstellung der Schraubenflügel in die für verschiedene Geschwindigkeiten zweckmässigen Winkel benutzt, könnte auch dazu dienen, die Schaufeln einer Turbine so zu verstellen, dass bei ein und demselben Bewegungssinne der motorischen Flüssigkeit sich entgegengesetzter Drehsinn der Kraftmaschine ergiebt. Die Turbine als Schraube betrachtet, handelt es sich also um den Wechsel des Sinnes derselben d. h. darum, aus der rechtsgängigen Schraube eine linksgängige zu machen und umgekehrt. Es ist dies die Umkehrung des Wirkungssinnes des Receptors. Dieser Methode der Bewegungswendung bedienen wir uns beim Segeln, beim Gieren der Fährschiffe und beim Steuern der Schiffe vermittelst des Steuerruders, sonst scheint sie jedoch im Maschinenwesen nicht vertreten zu sein.

Nach der nunmehr gewonnenen Uebersicht über die Wendegetriebe lassen sich dieselben hinsichtlich der Art der Bewegungswendung in folgende Eintheilung bringen:

I. Bewegungswendung an der Kraftmaschine (Umsteuerungen).

1) Eine Kraftmaschine mit Stromwendung. Beispiele bekannt.

1a) Zwei gleiche Kraftmaschinen mit entgegengesetzten Strömen. Entweder dient für jede Kraftmaschine ein besonderer Strom oder dieselben werden nach einander von ein und demselben Strom in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen. Ersteres ist bei den sogenannten Kehrrädern der Fall, siehe beispielsweise die Förderturbine zu Idra in Rittinger's „Erfahrungen im berg- und hüttenmännischen Maschinenbau", 1866, Taf. IV; ferner die Drahtseilbahn Ouchy-Lausanne, „Prakt. Maschinenconstr." 1876, S. 229; Hauer: „Fördermaschinen für Bergwerke"; Callon: „Cours des machines" u. s. w. Für die andere Anordnung scheint es an praktischen Beispielen zu fehlen, hingegen ist die Analogie dazu in Sellers' Riemen-Wendegetriebe vorhanden, in welchem die beiden getriebenen, entgegengesetzt laufenden Riemenscheiben nach einander von ein und demselben Riemen beaufschlagt werden; siehe Weisbach's „Ing.- und Maschinenmech." II. Th., 2. Aufl., S. 871.

2) Eine Kraftmaschine mit Strom von constantem Bewegungssinn und wendbarem Receptor. Praktische Beispiele unbekannt.

2a) Zwei Kraftmaschinen mit gleich gerichteten Strömen und entgegengesetzt wirkenden Receptoren. Dieser Fall, welcher sich analog 1a) specialisiren lässt, könnte in der Anwendung zweier entgegengesetzt wirkender, als Doppelrad ausgeführter Axialturbinen, welche abwechselnd zu beaufschlagen wären, unter Umständen eine recht zweckdienliche Verwirklichung finden.

3) Einfach- oder halbwirkende, belastete Kraftmaschine, analog den vorgeführten belasteten Wendegetrieben. Beispiel: hydraulischer, von einem Hochreservoir aus gespeister Aufzug mit Plungerkolben.

II. Bewegungswendung am Triebwerk (Wendegetriebe im gewöhnlichen und engeren Sinne des Wortes).

Es sollen hier nur die Rotations-Wendegetriebe in Betracht kommen, deren Umbildung zu Hub-Wendegetrieben leicht durchführbar ist. Das Prototyp der Rotations-Wendegetriebe ist die Räderterne mit Steuerung zur beliebigen Anwendung der im Getriebe auftretenden entgegengesetzten Drehrichtungen. Die Räderterne besteht allgemein aus einem Mittelrade $B$ auf der Welle $b$ und zwei conaxialen Nebenrädern $A$ und $C$ auf der Welle $a$. Je nach Lage der Wellen $a$ und $b$ ergeben sich Stirnräder, Kegelräder oder andere Räder.

1) Rotationswendung durch abwechselnde Benutzung der entgegengesetzt eingreifenden Räderpaare $AB$ und $BC$.

a) Treibung von $b$ nach $a$. Vergl. Fig. 4.

b) Treibung von $a$ nach $b$. Vergl. Fig. 5.

2) Rotationswendung durch abwechselnde Benutzung directen Antriebes und indirecten Antriebes vermittelst der Räderterne.

a) Treibung von $A$ oder $B$ nach $a$.

b) Treibung von $a$ nach $A$ oder $B$.

In den Fällen 1a) und 2a) ergeben sich, unserer früheren Benennung gemäss, laufende, in den Fällen 1b) und 2b) ruhende Wendegetriebe.

Das Steuern der Wendegetriebe geschieht entweder durch Ein- und Auskuppeln der lose auf der Welle $a$ sitzenden Räder $A$ und $B$ mit der Welle $a$ oder dadurch, dass die Räderpaare $AB$ und $BC$ in oder ausser Eingriff gesetzt werden. In diesem Falle werden die Räder $A$ und $C$ gegen $B$ verschoben oder umgekehrt $B$ gegen $A$ und $C$ und zwar entweder radial oder axial.

Das eine Doppelrolle spielende Mittelrad $B$ kann durch ein Doppelrad ersetzt werden, so dass sich zwei Räderpaare mit unabhängigen Uebersetzungsverhältnissen ergeben, wovon bekanntlich bei den Hobelmaschinen-Wendegetrieben oft Gebrauch gemacht wird. Es ist jedoch zu bemerken, dass auch mit der Räderterne verschiedene Uebersetzungen durch entsprechende Wahl des Winkels zwischen den Wellen $a$ und $b$ sich erzielen lassen, was bisher weniger beachtet worden zu sein scheint.

Den vorgeführten Wendegetrieben mit direct wirkenden Räderwerken entsprechen solche mit indirect

wirkenden Rädergetrieben, so z. B. dem letzten Falle das bei Drehbänken gebräuchliche Wendegetriebe mit offenem und gekreuztem Riemen.

3) Intermittirend wirkendes Rotationswendegetriebe, bestehend aus zwei einseitig und entgegengesetzt wirkenden Schaltwerken. Rotationswendung durch den Wechsel der Benutzung der positiven und negativen Bewegungshälften des schwingenden motorischen Gliedes. Siehe S. 511 und Fig. 2 und 3.

4) Belastete Rotationswendegetriebe. Siehe S. 515 und Fig. 6, 13 und 14.

Eine Classification der Wendegetriebe mit Flüssigkeitstriebwerken ergiebt sich an Hand derjenigen der Kraftmaschinen-Umsteuerungen, indem sie von diesen nur graduell und zwar insofern verschieden sind, als die treibende Flüssigkeit ersteren durch eine Kraftmaschine, letzteren direct von dem Accumulator aus geliefert wird.

### Die Steuerung des mechanischen Relais.

Die Aufgabe, den Executor des mechanischen Relais, Arbeit verrichtend, der Bewegung des Indicators folgen zu lassen, ist nur vermittelst einer Differenz ihrer Bewegungen lösbar, welche zum Steuern des zugehörigen Wendegetriebes d. h. dazu zu dienen hat, dem Executor im richtigen Sinne treibende Kraft von Seite des Motors zu verleihen. Während beim blossen Wendegetriebe mit einem vom gemeinsamen Gestell ausgehenden Steuermechanismus nur die zum Steuern an sich nöthige Bewegung, als eine absolute, willkürlich vollzogen wird, bildet die Steuerung des mechanischen Relais einen die Endglieder der willkürlich bewegbaren indicatorischen Kette und der executiven Kette vereinigenden, also schwebenden Mechanismus, welchem das executive Glied so zu sagen als Gestell, das indicatorische als Receptor dient und dessen Relativbewegung zum executiven Gliede als Steuerbewegung derart wirkt, dass bei übereinstimmenden Stellungen von Indicator und Executor das Wendegetriebe ausgerückt bleibt, der Voreilung des Indicators Anspannung des Motors in demselben Bewegungssinn entspricht und endlich bei fest gehaltenem Indicator die Abweichung des Executors kraft des Motors seine Zurückführung in die mit dem Indicator coincidirende Stellung zur Folge hat.

Dies lässt sich an dem bisher nur in seiner Eigenschaft als belastetes Hub-Wendegetriebe betrachteten Relais*) in Fig. 7 leicht verfolgen. Der Aufwärtsbewegung des Indicatorhebels $J$ an dem zunächst in Ruhe befindlichen Executor $E$ entspricht der Niedergang des Steuerventils $S$, beziehungsweise eine Zunahme der am Kolben wirksamen Druckdifferenz $p_1 - p_0$, bis mit Ueberwindung der entgegentretenden Widerstände die Hebung des Executors gemeinsam mit dem Indicator erfolgt. Umgekehrt findet bei Abwärtsbewegung des Indicators Verminderung der Druckdifferenz und vermöge der Belastung des Kolbens Niedergang desselben statt.

Lassen wir hingegen Indicator und Executor sich in entgegengesetzten Richtungen bewegen, wie dies unter Voraussetzung eines von $B$ nach $A$ gehenden Stromes der motorischen Flüssigkeit bei dem in Fig. 10 dargestellten, als Hub-Wendegetriebe schon untersuchten mechanischen Relais der Fall ist, so bleibt zwar die Steuerbewegung wie bisher die Differenz jener beiden Bewegungen, wenn auch mit Berücksichtigung ihrer Vorzeichen diesmal als Summe erscheinend, bei eingetretenem Beharrungszustande des arbeitenden Relais ruht aber die Steuerung, während sie im vorigen Beispiele, allerdings ohne Aenderung der Anspannung des Motors, sich gemeinsam mit Indicator und Executor fortbewegte.

Wird nun mit der Indicatorbewegung eingehalten, so folgt der Executor vermöge der treibenden Kraft des Motors und der lebendigen Kraft der bewegten Massen nach bis zur Einholung des Indicators, um hier bei abgestelltem Wendegetriebe ebenfalls zur Ruhelage zu gelangen, oder er überholt den Indicator und wird erst durch die dabei sich einstellende Gegenwirkung des Motors (bei den Dampfmaschinen als Gegendampfarbeit bekannt) in die mit dem Indicator coincidirende Stellung zurückgeführt.

Mit Beibehaltung der Stromrichtung $B - A$ liefert der soeben beschriebene Mechanismus ein neues Relais durch kinematische Umkehrung d. h. dadurch, dass Kolben mit Kolbenstange zum festen Gestell gemacht wird. Nun spielt der Cylinder die Rolle des Executors und die Steuerung ist wieder zu einer wandernden geworden, wobei übrigens der Angriffspunkt der indicatorischen Stange $J$ irgendwo am Hebel $s$, also auch mit Ersparung desselben direct an der Schieberstange $S$, oder zwischen dieser und der festen Steuerhebel-Drehachse gewählt werden kann.

Endlich ergiebt sich mit dieser letzten Angriffsweise des Indicators durch Festhaltung des Cylinders und Leitung des motorischen Stromes von $A$ nach $B$ wieder ein anderes Relais.*)

Es liegen somit nach Stromrichtung, Angriffsweise des Indicators und Feststellung des Mechanismus vier verschiedene mechanische Hubrelais vor, welche aber auch von den acht möglichen Combinationen sämmtliche brauchbare Fälle vorstellen, und es lassen sich allgemein die durch solche Combinationen sich ergebenden mecha-

*) Dasselbe kann übrigens einfach durch kinematische Umkehrung, indem der bisherige Executor zum Gestell und der Cylinder zum Executor gemacht wird, auf ein reines Wendegetriebe reducirt werden.

Bei praktischer Verwendung dieses mechanischen Relais dürfte das in der Skizze der Deutlichkeit wegen seitlich angeordnete Steuerventil $S$ besser central anzubringen sein. Principiell stimmt damit der auf der Pariser Weltausstellung 1878 wenig beachtete Uebertrager des Regulators der Balanciermaschine von Hall & Windsor in Paris überein, in welchem die Druckdifferenz der äusseren Atmosphäre und des Condensatorraumes motorisch verwerthet ist. M. Ch. Hauvel, Ingénieur des Arts et Manufactures, hat ein Schriftchen darüber verfasst. Vergl. auch „Engineer" 1879. I. S. 99.

*) Dasselbe, welches Prof. T. Rittershaus in seiner neuerdings im „Civilingenieur" 1879, S. 323 erschienenen Arbeit über „Kraftvermittler" in Fig. 4 vorführt.

nischen Relais je nach gleicher oder einander entgegengesetzter Bewegung von Indicator und Executor als **gleichläufige** und **gegenläufige**, sowie deren **Steuerungen** als **stationäre** und **wandernde** bezeichnen.

Behufs Erzielung möglichster Uebereinstimmung der executiven Bewegung mit der indicirten wird das Bestreben darauf zu richten sein, die zum Steuern erforderliche Bewegungsdifferenz, beziehungsweise den **Steuerweg** des Indicators, auf ein möglichst kleines Mass zu bringen.

In der gewonnenen Kenntniss der möglichen Arten von Wendegetrieben, deren bisher noch fehlende systematische Uebersicht hier zunächst zu gewinnen war, und nach Feststellung des Wesens der Steuerungen besitzen wir die umfassende Grundlage zur Bildung mechanischer Relais nach den Erfordernissen der speciellen Anwendungen. (Schluss folgt.)

# Vermischtes.

## Wasserröhren-Kessel.

Patent Carl Beissel (No. 2374).

(Hierzu Tafel XIV.)

Die offenbaren Vorzüge der Wasserröhren-Kessel sind schon so oft, auch in dieser Zeitschrift, eingehend erörtert worden, dass ein längeres Verweilen bei denselben an dieser Stelle wol nicht erforderlich erscheint. Unbestritten ist es ja, dass die genannten Dampfkessel für die gleiche Leistung einen viel kleineren Raum einnehmen als die Kessel mit grossen Wassermassen, dass sie wegen des geringen Durchmessers der einzelnen Röhren ohne Bedenken in und unter Arbeitsräumen aufgestellt werden dürfen; ebenso unzweifelhaft sind ihre schnelle Dampferzeugung, die Fähigkeit mit hohen Spannungen zu arbeiten und die verringerte Explosionsgefahr.

Dagegen zeigte die Mehrzahl der bekannteren und eingeführten Systeme noch einige Mängel und Nachtheile, welche zu beseitigen die Constructeure noch unablässig bemüht sind. Bei dem nachstehend beschriebenen Kessel dürften dieselben in der Hauptsache als überwunden angesehen werden dürfen.

Die Fig. 1 und 2 auf Taf. XIV zeigen einen Wasserröhren-Kessel von etwa 37qm Heizfläche. Derselbe besteht aus mehreren neben einander liegenden Systemen von versetzt über einander angeordneten Schmiedeeisenröhren *e*, in einem Raume gelagert, welcher seitlich durch Mauerwerk, vorn und hinten durch die leicht zu entfernenden Wände *d*, *d* aus Wellenblech abgeschlossen ist. Die Röhren stehen unten mit dem Zuführungsrohr, welches gleichzeitig als Schlammsammler dient, in Verbindung, oben mit dem Dampfsammler *c* in Verbindung. Zwischen dem letzteren und die Wasserröhren *e* ist noch der Dampftrocken-Apparat eingeschaltet. Unter sich sind die Röhren eines jeden Systems durch die Verbindungsstücke *f*, *f* in Communication gesetzt; sie haben in dem gezeichneten Kessel 152mm Weite; für Dampfkessel, welche in Arbeitsräumen aufgestellt werden sollen, werden die Röhren von der vorschriftsmässigen Weite 100mm genommen. Durch eingelegte Rohrplatten wird die vom Roste aufsteigende Flamme zu einem schlangenförmigen Wege zwischen den Röhren hindurch nach dem oben liegenden Fuchs hin veranlasst, während infolge der versetzten Anordnung der Röhren auch eine seitliche Vertheilung des Feuers um den ganzen Umfang derselben veranlasst wird. Seitlich angebrachte Putzthüren *h*, *h* ermöglichen die Reinigung der Rohrplatten von angesammeltem Russ, während die Röhren selbst durch einen Dampfstrahl oder eine Bürste gefegt werden, für welche die Oeffnungen *b*, *b* in den Frontwänden angeordnet sind.

Einer der Hauptvorwürfe, welche den Wasserröhren-Kesseln gemacht werden, ist der, dass sie zu nassen Dampf liefern. Zur Abhilfe dieses Uebelstandes ist der Dampftrockner angebracht, bestehend für jedes System aus den beiden mit sehr geringer Neigung eingelegten Röhren *g*, *g*, welche der Dampf nach einander durchströmen muss. Seine Geschwindigkeit in denselben beträgt in den meisten Fällen nur 1 bis 1,5m pro Secunde, so dass die vom Dampfe mitgerissenen Wassertheilchen entweder sich senken und in den ganz von den Verbrennungsproducten umspülten Röhren verdampfen, oder bei sehr forcirtem Betriebe durch die Rohrverbindung *a* in den Wasserraum zurückgeführt werden. Neben der Trocknung findet auch eine Ueberhitzung des Dampfes in den genannten Röhren statt.

Andererseits stellte sich ein Mangel der Röhrenkessel heraus in der Schwierigkeit, den in den Röhren sich etwa vorfindenden Kesselstein bequem und leicht zu entfernen. Wie die in Fig. 3 bis 5 in grösserem Massstabe gezeichneten Verschluss- und Verbindungsköpfe ersehen lassen, genügt das Wegnehmen eines solchen Kopfes, um den ganzen Querschnitt des Rohres für die Reinigung mit einer Bürste oder sonstigem einfachen Instrument frei zu legen.

Die Befestigung der Rohre in diesen Köpfen und die Zusammensetzung der letzteren ermöglicht auch, dass jedes Rohr entsprechend seiner Erwärmung sich frei ausdehnen kann, wodurch Undichtheiten der Verbindungen oder Spannungen im Kessel vermieden werden. Endlich hat diese Befestigung eine leichte Reparaturfähigkeit zur Folge in den seltenen Fällen, wo ein Rohr sich als undicht erweisen oder durchbrennen und deshalb eine Auswechselung erfordern sollte. Die Fortnahme des alten und die Einziehung des neuen Rohres ist auch mit ungeübten Arbeitern in kurzer Zeit zu bewirken, ohne dass am Mauerwerk des Kessels irgendwie gerührt zu werden brauchte.

In Fällen, wo eine sehr ungleiche und nur zeitweilige Dampfentnahme stattfindet, wie z. B. bei Wasserhaltungsmaschinen, kann ausser dem gezeichneten Dampfsammler *c* noch ein zweiter neben dem Kessel liegender angebracht werden.

## Locomotive mit Expansionssteuerung.

Von W. Theis in Palermo.

(Hierzu Tafel XXI.)

Das Princip, welches der nachstehend beschriebenen Expansionsvorrichtung zu Grunde liegt, ist bereits in Bd. XVI, S. 755 d. Z. ausführlicher erörtert; es besteht in der Hauptsache darin, dass von den beiden Platten des Expansionsschiebers, welche bei der Meyer'schen Steuerung an einer Stange mit Rechts- und Linksgewinde sitzen, jede an einer besonderen Stange befestigt ist. Letztere gehen durch zwei Stopfbuchsen und sind an den Armen eines Hebels befestigt, durch dessen Neigung nach der einen oder anderen Seite hin die Platten einander genähert oder von einander entfernt werden.

Bei der in den Figuren auf Taf. XXI dargestellten Anwendung dieser Vorrichtung auf Locomotivsteuerungen sitzt auf dem festen Zapfen *a* links der Winkelhebel *b*, *c*, rechts der Winkelhebel *d*, *e*, beide mit dem Steuerungshebel in gewöhnlicher Weise gekuppelt. Durch den Hebel *c* wird mittelst der Stange *f* der Stein in der Coulisse *g* gehoben oder gesenkt und damit die Umsteuerung bewirkt; der Hebel *e* ertheilt durch sein Auf- oder Niedergehen mittelst der Schiene *h* dem auf dem Zapfen *i* sich drehenden Hebel *k* eine oscillirende Bewegung derart, dass die Zapfen *l* und *m* des mit *k* fest verbundenen Balanciers in verschiedenen Richtungen sich gegen einander bewegen und durch die beiden Expansionsschieberstangen *n* und *o*, wie oben hervorgehoben, ein Nähern oder Entfernen der beiden Expansionsschieber unter sich bewirken.

Ihre gemeinschaftliche absolute Bewegung erhalten die beiden Expansionsschieber vom Kreuzkopfe der Maschine aus vermittelst des Mitnehmers *p* und der Stange *q*; der auf dem Zapfen *r* sitzende Doppelhebel *s*, *t*, auf dessen oberer Seite der feste Scharnierpunkt *i* des Balanciers für die Expansionsschieberstangen sich befindet, reducirt den Hub auf das gewünschte Mass.

# Technische Literatur.

## Bauwesen.

**Allgemeine Bauconstructionslehre** von G. A. Breymann, Baurath u. s. w. in Stuttgart. IV. Theil: Verschiedene Constructionen. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Völlig neu bearbeitet von A. Scholtz, Baumeister und Docent in Berlin. Mit zahlreichen Holzschnitten und 100 Figurentafeln. Lieferung 1 bis 6. S. 1 bis 144. (Preis pro Lieferung 1,50 *M.*) Stuttgart, 1878, G. Weise. —

Von dem vierten Theile der bekannten Breymann'schen Bauconstructionslehre (die vorgehenden Theile behandeln die Constructionen in Stein, Holz und Eisen) liegen die ersten sechs Lieferungen in zweiter Auflage vor. Dieselben verbreiten sich über Feuerungsanlagen. Nach einer allgemeinen Theorie derselben und besonderen Angaben über Schornsteineinrichtungen handeln die folgenden Capitel von den Local- und Centralheizungen, von welchen letzteren in dem vorliegenden Material das erste System, die Luftheizungs-Anlagen, noch nicht abgeschlossen ist. Es ist dieser Theil der modernen Heizung sehr eingehend bearbeitet, und es gewähren die Mittheilungen ausgeführter Anlagen grosses Interesse. Wir sind überzeugt, dass sich auch dieser letzte Band des umfassenden Werkes dieselbe Beliebtheit in technischen Kreisen verschaffen wird, wie die vorangegangenen sich erworben haben. Dm.

---

**Die praktischen Arbeiten und Bauconstructionen des Maurers und Steinhauers** in allen ihren Theilen. Ein Handbuch für Maurer und Steinhauer sowie für Baugewerk- und Gewerbeschulen. Bearbeitet von Dr. W. H. Behse, Baumeister und Rector der Gewerbeschule zu Dortmund. Fünfte verbesserte und vermehrte Auflage. Mit einem Atlas von 49 Foliotafeln, enthaltend 575 Figuren. 232 S. (Preis 10 *M.*) Weimar, 1879. B. F. Voigt. —

Die vorliegende, nun in fünfter Auflage erscheinende Bauconstructionslehre für Maurer und Steinhauer unterscheidet sich von seinem Vorgänger vornehmlich durch die Umarbeitung, welche das metrische Mass bedingte. Ausserdem erscheint das Capitel von den natürlichen und künstlichen Steinen in einem neuen und erweiterten Gewande. Das Buch ist in erster Linie für das Studium des angehenden und den Gebrauch des praktischen Bauhandwerkers berechnet und verdient nach dieser Richtung angelegentlichst empfohlen zu werden. Für die Bestimmungen der Mauer-, Gewölbe- und Widerlagsstärken gelten praktische Erfahrungen, ein für die gewöhnlichen Constructionen gerechtfertigter Standpunkt. Die Darstellung ist kurz und bündig, nichts desto weniger indessen alle Theile der Steinconstructionen umfassend. Die zugehörenden Tafeln sind gut ausgestattet, und es ist mit besonderer Anerkennung hervorzuheben, dass auch die in den Zeichnungen eingetragenen Masse in Metermass übersetzt sind, wobei wir freilich eine dem System mehr angepasste Abrundung gewünscht hätten. Dm.

---

**Das freistehende Familien-Wohnhaus.** Die Vorführung grösserer und kleinerer Wohnhäuser, die nur von einer Familie bewohnt werden. Mit Darlegung des Raumbedürfnisses, der Raumvertheilung und der Raumbenutzung. Bearbeitet von Architekt Hittenkofer in Holzminden. Mit 99 Holzstichen in zwei Heften. S. 1 bis 64 und 65 bis 107. (Preis pro Heft 2,00 *M.*) Leipzig. Karl Scholtze.

Von dem wol kaum anfechtbaren Standpunkte ausgehend, dass zwischen Arbeiterhaus, bürgerlichem und herrschaftlichem Wohnhaus eine bestimmte scharfe Grenze sich nicht ziehen lasse, hat der Verfasser bei der Gruppirung seines Stoffes von einer Eintheilung nach solchen Kategorien ganz abgesehen. Er geht vielmehr bei seiner Darstellung von dem kleinsten Beispiele, einem einfachen Häuschen mit Wohnstube, zwei Schlafzimmern und einer Küche aus und gelangt durch Hinzufügen je eines oder mehrerer Räume zu immer reicher entwickelten Anlagen. Den Stoff des Buches, zu des Verlegers „Deutscher bautechnischer Taschenbibliothek" gehörig, bildet nur das freistehende, von einer Familie bewohnte Haus, und dieses wird hauptsächlich nach der Vertheilung und Anordnung seiner Räume in den verschiedenen Stockwerken betrachtet; die Entwickelung der Façade wird nur angedeutet, zumal auch der erlaubte nur kleine Massstab der Figuren ausführliche Darstellungen der äusseren Ansichten nicht gestattete.

Die sich aus den betrachteten ausgeführten Anlagen ergebenden Grundsätze, welche gegenwärtig für die Anordnung solcher Häuser ziemlich allgemein befolgt werden, sind am Schlusse übersichtlich zusammengestellt und geben nicht allein dem Fachmanne beachtenswerthe Fingerzeige, sondern werden auch den Laien in den Stand setzen, bei einem Hausbau nicht Widersinniges oder Unpraktisches von dem Architekten zu verlangen. G.

---

**Allgemeine Grundsätze für den Neubau von Friedenslazarethen.** 32 S. (Preis 60 Pf.) Berlin, 1878. Mittler & Sohn. —

Das vorliegende Heft bringt die vom preussischen Kriegsministerium festgestellten Anhaltspunkte für den Bau von Friedenslazarethen, welche also nur dem allgemein durchschnittlichen Krankenstand des Heeres zu genügen haben. Dieselben beziehen sich auf die Wahl des Systems (Block-, Pavillon- oder Barackensystem), die Anlage der Krankensäle und Zubehör, der Verwaltungs- und Betriebsgebäude, die Wahl des Bauplatzes, die bauliche Ausführung und Grösse der einzelnen Räumlichkeiten und schliesslich allgemeine Erfordernisse. Unter letzteren sind Heizung, Ventilation, Wasserversorgung u. s. w. verstanden, und möge hier nur angeführt werden, dass die Centralheizungen als zu kostspielig abgelehnt und die Einführung von einzelnen Circulationsöfen empfohlen wird, welche neben Fenster und Thüren die Lufterneuerung zu besorgen haben. Bei dem Abschnitt Wasserversorgung hat man es für nöthig gehalten, einen Entleerungshahn besonders durch Holzschnitt darzustellen. R. Z.

---

## Dampfmaschinen.

**Slide Valve Gears.** A new graphical method for analyzing the action of slide valves moved by eccentrics, link-motions and cut-off gears, by Hugo Bilgram, M. E. 125 S. Philadelphia, 1878. Claxton, Remsen & Haffelfinger. —

Der Verfasser spricht sich zunächst in seiner Vorrede über die Vorzüge der Zeuner'schen Constructionsweise der Steuerungen anerkennend aus, und meint aber dann, dass diese seine Modification jener allgemein bekannten Methode sowol dem blos elementar mathematisch gebildeten Constructeur leichter verständlich als die Zeuner-Methode, als auch in einzelnen Fällen für Jeden anschaulicher sei. Dieser Meinung im Allgemeinen uns anschliessend fügen wir besonders noch hinzu, dass der Einfluss des Lenkerstangenverhältnisses leichter zu berücksichtigen ist als an dem Zeuner-Diagramm, und dass uns auch die Behandlung der Coulissensteuerungen klarer zu sein scheint.

Die Grundlage der Bilgram'schen Methode ist folgende: Auf einem Kreise, dessen Mittelpunkt $O$ und dessen Durchmesser gleich dem Hube des Vertheilungsschiebers ist, möge durch den Radius $KO$ die Todtepunktstellung der Kurbel gegeben sein. Es werde nun auf der Peripherie des Kreises der Punkt $Q$ so gewählt, dass — unter $\delta$ den Voreilungswinkel verstanden — der Winkel $QOK = 180 - \delta$ Grad ist. Man schlage nun um $Q$ einen Kreis, dessen Halbmesser gleich der äusseren Ueberdeckung ist, und fälle aus $Q$ auf irgend eine andere Kurbelstellung $K_1O$ oder deren Rückverlängerung eine Normale $Qk$. Diese ist, wie leicht erweislich, gleich dem Ausschnitt (Entfernung der Mitte des Schiebers von der des Canalsystems) des Schiebers, und deren ausserhalb des Ueberdeckungskreises liegendes Stück ist gleich der Oeffnung des Schiebers.

Für die Austrittsöffnung hat man selbstverständlich einen Kreis mit der inneren Ueberdeckung als Halbmesser zu schlagen. Dadurch, dass man statt der beiden Vollkreise nur Halbkreise mit radial gelegenen Durchmessern für die äussere und innere Ueberdeckung zeichnet, gewinnt das Bilgram'sche Diagramm wesentlich an Klarheit. R. W.

---

**A history of the growth of the Steam-Engine.** By Robert H. Thurston, A. M., C. E., Prof. an Steven's Institut u. s. w. New-York, 1878. D. Appleton & Co. —

Diese Entwickelungsgeschichte der Dampfmaschine mit den bekannten Experimenten Hero's von Alexandrien be-

ginnend und mit den Erfindungen und Verbesserungen der Neuzeit abschliessend zeichnet sich durch Fülle des Stoffes und Schönheit der Darstellung vor anderen ähnlichen Werken derart aus, dass wir selbst denjenigen unserer Leser, welche mit der Geschichte der Maschinen vertraut zu sein glauben, das Lesen dieses schon durch seine saubere Ausstattung einladenden Buches recht empfehlen. Der Geschichte der Constructionen folgt in klarer und kurzer Fassung die Geschichte der Theorie der Dampfmaschinen, in welcher zu unserer Genugthuung deutsche Wissenschaft weniger kurz kommt als deutsche Technik. Nur der verdienstvollen Leistungen Alban's aus Mecklenburg ist auf diesem Gebiete gedacht, während auf jenem die von Mayer (Heilbronn), Clausius, Helmholtz, Zeuner und Grashof ihre gebührende Würdigung gefunden haben.

Wir wollen unsere Besprechung nicht schliessen ohne noch auf ein Beispiel von dem leider so häufigen Verkennen deutscher Erfindungen als solcher hinzuweisen. Aus dem auf S. 361 Gesagten geht nichts Anderes hervor, als dass die Zweicylinder-Maschinen (Compound-Maschinen) erst in neuerer Zeit und zuerst für die englische Marine gebaut worden seien, während doch schon im Jahre 1841 in der von W. Nottebohm, späterem Director der königl. Gewerbe-Akademie in Berlin, herausgegebenen und bei J. Petsch in Berlin gedruckten „Sammlung von Zeichnungen einiger ausgeführten Dampfkessel und Dampfmaschinen nebst Beschreibung derselben" eine solche für den Rhein-Dampfer „Kronprinz von Preussen" auf der Sterkrader-Hütte gebaute Maschine gezeichnet und beschrieben ist:

| | |
|---|---|
| Durchmesser des Hochdruckcylinders . | 508mm |
| „ „ Niederdruckcylinders | 915mm |
| Kolbenhub . . . . . . . . . . . | 915mm |
| Dampfspannung (Ueberdruck) . . . | 4,5 Atm. |
| Zahl der Umdrehungen pro Minute . | 31. |

Das Verbindungsrohr beider Cylinder dient als Zwischenbehälter (Receiver) und hat den etwa ⁴/₃fachen Inhalt des Hochdruckcylinders. Die Cylinder sind um 130° und die Kurbeln um 40° gegen einander geneigt, was einer Versetzung von 130 — 40 = 90° gleichkommt. Beide Cylinder arbeiten mit nicht mehr Expansion als der aus der starken Ueberdeckung der einfachen Dampfschieber sich ergebenden. R. W.

## Verschiedenes.

**Die Aquarellmalerei.** Bemerkungen über die Technik derselben in ihrer Anwendung auf die Landschaftsmalerei. Mit einer Abhandlung über Ton und Farbe in ihrer theoretischen Bedeutung und in ihrer Anwendung auf Malerei. Von Max Schmidt, ord. Mitgl. der königl. Akademie der Künste in Berlin u. s. w. Vierte vermehrte Auflage. 77 S. (Preis 2,00 *M.*) Berlin. Theobald Grieben. —

Wenn auch der Gegenstand des vorliegenden Büchelchens nicht direct zur technischen Literatur gehört, so möchten wir doch diejenigen unserer Leser, welche als Dilettanten sich mit der Malerei in Wasserfarben beschäftigen oder in die Lage kommen, von ihren Anlagen ein wirksames Gesammtbild in Farben geben zu müssen, auf dasselbe aufmerksam machen. Ausser allgemeinen Bemerkungen über die Geräthschaften und die Behandlung derselben bringt es recht bemerkenswerthe Fingerzeige für die kunsttechnische Behandlung einzelner Aufgaben, namentlich von Luft und Wolken bei verschiedener Beleuchtung. Die Abhandlung über Farbe wird dem technisch gebildeten Leser nicht viel Neues bringen.

Für die Beliebtheit des kleinen Buches spricht auch schon das Erscheinen der vierten Auflage. R. Z.

**Taschentabellen.** Umrechnungen und Berechnungen mit Rücksicht auf die alten und neuen in Preussen und Sachsen gangbaren Masse und Gewichte. Für Forstbeamte, Holzhändler, Bauhandwerker, Tischler, Stellmacher, Oekonomen sowie für jeden Hauswirth und Geschäftsmann. Zusammengestellt von G. A. Kops, Bautechniker und Holzhändler. 316 S. kl. 8. (Preis 2,50 *M.*) Halle, 1879. Ludwig Hofstetter. —

Die reiche Sammlung von Tabellen bezieht sich zunächst auf die Umrechnungen von älterem preussischem und sächsischem Mass und Gewicht in einander und in Metermass, sodann die Berechnung des Cubikinhaltes aus gegebenem Durchmesser bezw. Breite und Stärke von Stäben sowie der betreffenden Preise aus diesen Abmessungen und verschiedenen Einheitspreisen. Weitere Tabellen bringen hauptsächlich Berechnungen von Hölzern und Dazugehöriges. R. Z.

**Warenbezugs-Adressbuch** aller Branchen, enthaltend circa 6000 verschiedene Bezugsquellen, vom geringsten Handelsproduct bis zum grössten Fabrikerzeugniss, aus Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. Gesammelt und herausgegeben von Richard Berthold. 96 S. (Preis 4 *M.*) Dresden, 1878. Ferd. Heinrich. —

Das vorliegende Nachschlagebuch, dessen Inhalt schon durch den Titel angegeben ist, erschien in monatlichen Heften von je 8 Seiten, jedes mit einer grossen Anzahl von alphabetisch geordneten Artikeln mit den betreffenden Bezugsquellen. Diese Anordnung wurde in der nur zu billigenden Absicht gewählt, die unter *A* angegebenen Adressen nicht schon veraltet zu haben, wenn die unter *Z* eben fertig gestellt werden. R. Z.

**Karmarsch und Heeren's technisches Wörterbuch.** Dritte Auflage, ergänzt und bearbeitet von Kick und Gintl, Professoren an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag. Lieferung 32 und 33. S. 81 bis 240. (Preis pro Lieferung 2 *M.*) Prag, 1879. Verlag der Bohemia. —

Die vorliegenden Lieferungen bringen zunächst den Artikel „Glas" mit der Fabrication der Spiegel, Versilberung u. s. w. zu Ende. Von den folgenden nennen wir als ausführlichere z. Th. mit Zeichnungen erläuterte Mittheilungen diejenigen über Glycerin, Göpel, Gold mit den verwandten Industrien, Graviren und Guillochiren, letzteres unter Vorführung der gebräuchlichen Maschinen, ferner Guttapercha, Gyps und Härten. Auch der Artikel „Hammer" ist recht umfassend. R. Z.

**Bau- und Gewerbskalender für 1880.** Bearbeitet von E. Bardenwerper, Ingenieur. Lahr. Moritz Schauenburg. —

Der Bau- und Gewerbskalender, dessen Tendenz wir bei der Besprechung früherer Jahrgänge dargelegt haben, ist auch für das nächste Jahr um einige interessante Notizen reicher geworden, namentlich in den Capiteln über Fundirungsarbeiten (Leistung verschiedener Rammensysteme, Stärke der Betonlage) über Treppen und Dachdeckungen.

Mit dem vorliegenden Jahrgange anfangend soll der Kalender jedes Jahr mit dem Bilde eines verdienten Fachmannes geziert werden, diesmal ist ihm das Portrait Karmarsch's beigegeben worden. R. Z.

**Ingenieurkalender** für Maschinen- und Hüttentechniker. 1880. Eine gedrängte Sammlung der wichtigsten Formeln, Tabellen und Resultate aus dem Gebiete der gesammten Technik nebst Notizbuch. Unter gef. Mitwirkung mehrerer Bezirksvereine des Vereines deutscher Ingenieure bearbeitet von P. Stühlen, Ingenieur und Eisengiessereibesitzer in Deutz. Fünfzehnter Jahrgang. (Preis: als Notizbuch 3,25 *M.*, als Brieftasche 4,25 *M.*) Essen. G. D. Baedeker. —

Der Ingenieurkalender stellt sich mit jedem neuen Jahrgange mehr und mehr auf den Boden des Metermasses, indem die noch für Fussmass aufgeführten Formeln und Regeln ausgelassen, die Reductionstabellen auf das Nothwendigste eingeschränkt werden. Dass der neue Jahrgang auch diesmal recht brauchbare Zusätze aufzuweisen hat, braucht wol kaum erwähnt zu werden; sie einzeln aufzuzählen, würde zu weit führen: der für sie erforderliche Raum ist durch Weglassung einiger nicht mehr zutreffender Faustregeln gewonnen. Der Abschnitt XIII bringt einige neue Notizen über Woolf'sche Maschinen; um noch einen Wunsch auszusprechen, möchten wir diese durch Zufügung einiger Regeln für die Construction von Zweicylinder-(Compound-)Maschinen vervollständigt sehen.

Die Ausstattung des Kalenders als Brieftasche ist eine so praktische, dass sie die alte Notizbuchform wol nach und nach ganz verdrängen wird.

Noch wollen wir hinzufügen, dass eine kleine Logarithmentafel als besonderer Abdruck für den Constructionstisch beigelegt ist. R. Z.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# ZEITSCHRIFT
DES
# VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE.

**1879. Band XXIII. Heft 12. Decemberheft.**

## Abhandlungen.

### Das öffentliche Bauwesen in Hamburg.

Vom Ober-Ingenieur **Franz Andreas Meyer** in Hamburg.

(Vorgetragen in der ersten Plenarsitzung der XX. Hauptversammlung am 25. August 1879.)

(Hierzu eine Uebersichtskarte von Hamburg auf Tafel XXII.)

Die Stadt, welche die Ehre hat, Sie in ihren Mauern zu begrüssen, beherbergt ausser Ihnen, nach den neuesten Angaben des statistischen Büreau etwa 377 000 Menschen.

Hiervon entfallen:

| | |
|---|---|
| auf die innere Stadt . . | 168 000 |
| „ St. Georg . . . . | 52 000 |
| „ St. Pauli . . . . | 52 000 |
| „ die Vororte . . . | 105 000 |

Ausserdem sind noch 40000 Angehörige der kleinen Republik vertheilt in der Elbniederung (einschliesslich der Enclave Cuxhaven-Ritzebüttel) und in den „Walddörfern" an der oberen Alster, so dass also die Gesammtbevölkerung des Hamburgischen Staats etwa 420 000 Seelen ausmacht. Wenn man die beisammen wohnende städtische Bevölkerung aufzählen will, darf man die preussischen Nachbarstädte Altona von 90000, Ottensen von 13000 im Westen und Wandsbeck von 15 000 Einwohnern im Osten nicht ausser Acht lassen. Diese beträchtliche Menschenmenge von mehr als einer halben Million, hat sich unter dem trüben Himmel unserer Elbniederung angesiedelt, weil hier viele natürliche Lebensbedingungen für eine deutsche Seehafenstadt vorhanden sind.

Der bis weit in Böhmen hinein schiffbare Elbstrom vertauscht nach einem etwa 1200$^{km}$ langen Laufe durch Mittel- und Norddeutschland genau bei Hamburg seine Fähigkeit für die Binnenschifffahrt mit derjenigen für die Seeschifffahrt. In dem Inseldelta zwischen Hamburg und Harburg, welches den Eintritt des Stromlaufes in das Aestuarium bezeichnet, entwickeln sich, unterstützt durch die Fluthwelle, die für Seeschiffe nöthigen Breiten und Tiefen, in welchen die schwächer und unbehilflicher construirten Flussschiffe nicht mehr den genügenden Schutz finden. Die Stelle der Eisenbahn-Elbbrücke, wo die Norderelbe zwischen den regulirten Uferlinien eine Breite von 256$^{m}$ hat, ist für diese Grenze fast genau bezeichnend. Von Hamburg bis zur Nordsee (125$^{km}$) hat die Elbe, durch die Anstrengungen der Stadt Hamburg, reines Fahrwasser, gute Bezeichnung und Lootsenaufsicht, und die „Hamburger Bucht" der Nordsee hat in dem 200 Fuss hohen Felseneiland Helgoland, welches Sie ja auch kennen lernen wollen, einen natürlichen Wegweiser für die Eingang suchenden Schiffe. (Englischer Leuchtthurm auf Helgoland mit Fresnel'schem Prismenapparat I. Classe. Baukosten: 260000 *M.*)

Die Hamburgischen Bauarbeiten für die Fahrrinne der Elbe beschränken sich also keineswegs auf die Stromstrecken vor dem Hamburgischen Elbufer, welches schon hart unterhalb der Stadt Hamburg sein Ende erreicht. Die Betonnung, die festen Leuchtfeuer und Baaken, die Feuerschiffe, die festen und schwimmenden Lootsenstationen erstrecken sich bis in die Nordsee hinein über eine Stromlänge von 160$^{km}$ und die mit einer grossen Anzahl von Dampf-Eimerbaggern betriebene Baggerei — in den Flethen und Häfen kommen auch Handbagger und Drehewer zur Anwendung — umfasst ausser der ganzen Norderelbe auch die Barrengegend der ungetheilten Elbe bei Blankenese und Schulau, also eine Stromlänge von über 35$^{km}$. Die grossen Stromcorrectionen, welche ausser der Baggerarbeit für die Tiefenerhaltung und Regulirung erforderlich sind, können sich dagegen selbstverständlich nur auf hamburgischem Territorium vollziehen und haben sich demgemäss im Wesentlichen auf den vollständigen Ausbau der Norderelbe beschränken müssen, welcher durch die soeben vollendete Verlegung des Strombettes oberhalb Rothenburgsort mittelst eines etwa 2200$^{m}$ langen Durchstiches durch die zur Insel Wilhelmsburg gehörige Hamburgische Domaine „Kaltehofe" (Baukosten des

Durchstiches mit Zubehör etwa $3\frac{1}{2}$ Millionen Mark) einen wesentlichen Fortschritt gemacht hat.

Die Breite der Elbniederung bei Hamburg bietet die Gelegenheit, Häfen anzulegen, Canäle auszubilden und dieselben mit dem Landungs- und Landverkehr zu vereinigen, ohne den Stromschlauch zu beengen. In diesen Häfen und Canälen (Flethen) vermittelt sich auch der Verkehr zwischen See- und Binnenschiff. Die Häfen für Binnenschiffe, insbesondere der Oberhafen vor den östlichen Stadttheilen, haben eine Tiefe von etwa $2^m$ unter Niedrigwasser, die Rhede für Seeschiffe vor den westlichen Stadttheilen und die neueren Hafenanlagen für Seedampfschiffe von etwa $6^m$, die Flethe in der Stadt bis zu $1^m$ unter Niedrigwasser; der Nullpunkt des Hamburger Pegels ist so gelegt, dass er $3{,}283^m$ unter mittlerem Niedrigwasser, $5{,}145^m$ unter mittlerem Hochwasser, $8{,}741^m$ unter dem höchsten vorgekommenen Sturmfluthstande der Elbe liegt, und der niedrigste in der Elbe vorkommende Wasserstand (niedrigster registrirter Wasserstand in Cuxhaven $+ 0{,}32^m$) noch als positive Zahl abgelesen werden kann. Der Boden der Holzhäfen liegt zwischen Hoch- und Niedrigwasser, um das Holz bei Hochwasser flössen und bei Niedrigwasser besichtigen zu können. Im Laufe der Zeit ist ein Wärder, ein Stück Uferrand nach dem anderen in diesen städtischen Hafenbetrieb hineingezogen, auch wol, dem veränderten Bedürfniss entsprechend, mehrfach umgeformt worden, wie ich mich denn noch des jetzt mit Häfen für Dampfschiffe und Quais für Eisenbahnen besetzten Grasbrooks als einer kleinen betriebsreichen Colonie von Schiffswerften und Hafengeschäften erinnere. Und noch jetzt spinnt sich dieses, den eigentlichen Elbhafenplatz bildende Netz von Canälen und Landzungen, das älteste und das neueste Hamburg, weiter und weiter fort, immer noch Flächen für zukünftige Vergrösserungen übrig lassend.

Sämmtliche in Hamburg mündende Eisenbahnen, die Berliner, Lübecker, Köln-Mindener und die die nordwestlichen Bahnen von Altona heranführende Verbindungsbahn werden mehr und mehr in dieses eigentliche Emporium des Handels hineingeführt. Ein in unserer Ausstellung aufgestelltes Modell der Hühnerpostenbahn zeigt das noch nicht ausgeführte Project einer derartigen Einführung von der Verbindungsbahn in den Hammerbrook. Fast sämmtliche Dampfschiffslinien finden in den neuen Dalmann'schen Hafeneinschnitten des Grasbrooks, welche sämmtlich etwa $6^m$ Wassertiefe unter Niedrigwasserstand haben, und deren langgestreckte Eisenbahnquais mit transportablen Dampfkrähnen (Quaikrähnen) besetzt sind, alle Hilfsmittel für eine schnelle Expedition.*)

Die Bewältigung des Warenverkehrs der Schiffe wird dadurch erleichtert, dass unter sonstigen Opfern für die Stadt der directe Zusammenhang der Häfen und Flethe mit dem freien Strom aufrecht erhalten worden ist. Der Fluthwechsel (vor Hamburg etwa $2^m$) ist nicht so gross, dass deshalb die Liegeplätze der Schiffe, wie in London, Liverpool oder Bristol hinter Schleusen in Sicherheit gebracht werden müssten. Durch ihre offene Lage werden freilich die betreffenden Stadttheile dieser Flethreviere zur Winter- und Aequinoctialzeit von Sturmfluthen überfluthet, welche der Seewind (Südwest bis Nordwest) in die Elbe hineinstaut. Es gab früher eine grosse Anzahl von Strassen, welche bei solchen Sturmfluthen bis zur Höhe von 2 bis $3^m$ unter Wasser gingen, und die älteren Hamburger erinnern sich noch der alsdann den Strassenverkehr aufrecht haltenden Bootfahrten, welche bis in die Börsengegend reichten. Aber zum Glück ist man trotz dieser Calamität für den Verkehr und die Kellerbewohner, trotz mancher auf dem Einfluss englischer Anlagen beruhenden Anläufe nie zur Eindeichung und Abschleusung übergegangen. In den letzten Jahrzehnten hat man dagegen die Energie des öffentlichen Bauwesens darauf verwendet, bei jeder sich bietenden Gelegenheit, bei Strassenregulirungen (Brandstwiete, Mattentwiete, Reichenstrassen u. s. w.), Brückenerneuerungen, Privat-Bauunternehmungen, die Marsch der alten Stadt möglichst auf die sturmfluthfreie Höhe der Elbdeiche von $+9{,}3^m$ über Null aufzuhöhen und nur die Uferstrassen, der bequemeren Verbindung mit den Schiffen halber, abfallen zu lassen, also den von Flethen umgebenen Strasseninseln eine convexe Gestalt zu geben, während sonst gerade umgekehrt der Rand gegen das Wasser hoch geworden und die Mitte tief geblieben wäre. So hat man ausser den Vortheilen für die Schifffahrt eine naturgemässe Entwässerung dieser Stadttheile von der Mitte nach den Rändern erreicht und vermeidet ein künstliches Auspumpen auch bei hohen Wasserständen. Gerade vor der Thür unseres Versammlungslocales, des Patriotischen Hauses, vollzieht sich augenblicklich diese Umwandlung im Zusammenhange mit der successiven Ausbildung eines wichtigen Strassenzuges zwischen der Börsengegend und dem Berliner Bahnhof.

Als man in den vierziger Jahren mit dem Anbau auch auf das südliche Ufer der Norderelbe hinüberging,

---

*) Gesammter Schiffsverkehr im Jahre 1878:

1) Seeverkehr:

| | | | Ladungsfähigkeit |
|---|---|---|---|
| a. eingehend | 5308 Schiffe | mit | 2 273 342 Reg. Tons. |
| b. ausgehend | 5316 „ | „ | 2 284 116 „ „ |
| zusammen | 10624 Schiffe | mit | 4 557 458 Reg. Tons. |

(etwas über die Hälfte Dampfschiffe).

2) Flussverkehr mit der Ober-Elbe.

| | | |
|---|---|---|
| | | Quantum der ausgeladenen Güter |
| a. angekommen | 7 503 Fahrzeuge | 11 649 425 Centner |
| | | Quantum der eingeladenen Güter |
| b. abgegangen | 7 587 Fahrzeuge | 10 513 985 Centner |

zusammen 15090 Fahrzeuge und 22 163 410 Centner Güter.

Total-Einfuhr:

92 737 624 Centner Waren im Werthe von 1711 Millionen Mark und zwar:

| | |
|---|---|
| seewärts . . . . . . . . | etwa 44 Millionen Centner |
| per Eisenbahn . . . . . . | „ 22 „ „ |
| von der Oberelbe . . . . . | „ 13 „ „ |
| sonstig land- und flusswärts | „ 14 „ „ |
| | etwa 93 Millionen Centner. |

wandte man dort sogleich dies Verfahren der allgemeinen Aufhöhung des Terrains an. Sowol bei den uneingedeichten fiscalischen Inseln Steinwärder und Kuhwärder, welche u. A. jetzt grosse Guano-Etablissements, Sprietfabriken, den eisernen Schiffbau, die festen und schwimmenden Drydocks, die Patent-Slips, die Seemannsschule und viele andere Etablissements aufgenommen haben und wo nie ein Platz vermiethet oder verkauft wird, der nicht auf jener sturmfluthfreien Höhe liegt, als auch auf den weiter stromaufwärts liegenden hamburgischen Antheilen der eingedeichten Insel Wilhelmsburg, oberhalb des nach Harburg abführenden Elbarmes Reiherstieg, sieht man für die dort eindringenden neuen commerziellen und städtischen Anlagen (Petroleumhafen) von der Bedeichung und Abschleusung ab und schafft sich durch das Baggermaterial der Elbe ein über die Elbfluthen erhöhtes Plateau.

Nur eine einzige, freilich sehr ins Gewicht fallende Ausnahme ist vorhanden. Eine sehr breite Niederung des rechten Elbufers eben oberhalb Hamburgs, welche vor vielen Jahrhunderten, als sie noch wenig über das Niedrigwasser der Elbe aufgeschlemmt war, im Interesse der Landwirthschaft eingedeicht wurde und künstlich durch Windmühlenbetrieb in die Elbe entwässerte, deren Hauptwetterung die Unterbille genannt wird, ist in den vierziger Jahren theilweise mit einem umfangreichen Strassen- und Canalsystem (Innerer Hammerbrook, Billhorn) versehen worden, welches nun immer weiter in diese Billniederung (Aeusserer Hammerbrook, Billwärder Ausschlag) hinausdrängt, Schifffahrtsschleusen, Entwässerungsmaschinen und Sielpumpen zur Folge hat, viel Grund zur Klage über ungesunde Verhältnisse giebt und von Deichbrüchen bedroht bleibt. Hier, wo jetzt schon sehr grosse Ansiedelungen (Speicher, Fabrikanlagen, Wohnquartiere für Mittelstand und Arbeiter) vorhanden, wo die Stadtwasserkunst angelegt ist, die Berliner und Lübecker Eisenbahn ihren Auslauf nehmen, bleibt nichts anderes übrig als die möglichste Verbesserung der Elbdeiche und eine Erhöhung der Strassen auf ein solches Mass (etwa 7$^m$ über Null), dass, unterstützt durch Schwemmcanäle mit kräftigen Pumpmaschinen, das Drängwasser der Elbe und Bille von den Kellern fern gehalten werden kann und die Schmutzabflüsse ihren ungehinderten Abgang nehmen. Die neuen Sielanlagen daselbst sind noch später zu berühren.

Hier haben, um den Wasserverkehr mit der Elbe zu vermitteln, Schifffahrtsschleusen angelegt werden müssen, von denen die eine ganz interessant ist, weil sie mit einer grossen inneren Vorkammer, die durch ein Drehthor geschlossen wird, versehen werden musste, um den Schutenverkehr zu bewältigen, welcher so gross geworden ist, dass man sich heute mit der Frage nach Anlage einer neuen Schleuse beschäftigt.

Wenn die Elbniederung den eigentlichen Kern der Geschäftslage am Wasser bildet, so bietet das anmuthig ansteigende Geestland durch seine Abwechselung in Höhenlage, Wasser und Bodenart in ästhetischer wie praktischer Beziehung eine gute Grundlage für die allgemeinere Entwickelung des städtischen Anbaues. Einen ganz besonderen Reiz erhält dieser Geestrand dadurch, dass er fast rechtwinklig gegen die Elbe von einem Nebenflusse derselben, der in Holstein entspringenden, etwa 40$^{km}$ langen Alster durchbrochen wird, deren unterer Lauf durch zwei Querdämme auf 6,6$^m$ über Null, also etwa 3,3$^m$ höher als das mittlere Niedrigwasser der Elbe zu einem Landsee (Binnenalster und Aussenalster) angestaut ist. Auf der Alster hat sich ein eigenartiges Wasserleben entwickelt, zuerst hauptsächlich dem Vergnügen und der Personenbeförderung dienend, nun aber auch mehr und mehr praktische Bedeutung für Handel und Gewerbe erlangend.

Auf diesen höheren gesund belegenen Geestrand zog sich allmälig der Anbau der städtischen Wohnungen hinauf: Michaelis-Kirchspiel und Vorstadt St. Pauli (Hamburger Berg mit seinen Matrosenvergnügungen), mit Landhäusern in Harvestehude und Eimsbüttel im Westen, Petri- und Jacobi-Kirchspiel mit Vorstadt St. Georg (Allgemeines Krankenhaus) und Landhäusern nach Hamm und Horn im Osten; allmälig verlegte sich auch der Mittelpunkt der städtischen Verwaltung, Börse, Stadthaus, Rathhaus, Gerichte, Post mehr und mehr an diese Höhen hinan, bis man jetzt sogar mit der Concentration der Justizgebäude am Holstenthor ganz auf die Geesthöhe übergeht. In neuerer Zeit nun zog man auch die unter Sturmfluthhöhe der Elbe liegende aber durch jene oben erwähnten Staudämme (Oberdamm mit Schleusenbrücke, Niederdamm mit Mühlenbrücke, Graskellerschleuse und Ellernthorsschleuse) geschützte Alsterniederung, welche z. Th. recht breit ist (Uhlenhorst, Winterhude und die Nebenthäler der Alster: Isebeck am rechten, Eilbeck und Osterbeck am linken Ufer) in die Ansiedelungen hinein und legt sogar ganz neuerdings zwei als nothwendige Uebel einer grossen Stadt zu bezeichnende grossartige Institute, Centralfriedhof und Centralgefängniss ganz weit alsteraufwärts, fast an die Grenze des kleinen Gebietes, indem man auf die Kraft der modernen Beförderungsmittel vertraut, ohne welche bei einem Flächenraum von 6000$^{ha}$, auf welchem der jetzige Anbau der Stadt vertheilt ist (wenn er ihn auch keineswegs ausfüllt), oder von 7500$^{ha}$ einschl. der Nachbarstädte, die gesammte Verkehrsbewegung der Bevölkerung nicht mehr bewältigt werden könnte.

Unter diesen Verkehrsmitteln sind hier besonders zu nennen:

1) Die Dampfschiffe auf der Alster und deren höher und höher aufwärts schiffbar gemachten Nebencanälen; über 20 Schiffe, die bis in die Mitte der Stadt fahren (alter Jungfernstieg). Das Schiff fasst 180 bis 200 Personen, ist 18$^m$ lang, 4$^m$ breit, hat Hochdruckmaschine von 12 bis 20 Pferden mit stehenden Cylindern, liegenden Röhrenkesseln von bis 5 Atm. Ueberdruck.

2) Die Strassenbahnen, welche sich allmälig zu einem klaren System entwickeln und nach einem 1854 gegebenen Staatsgesetz von der Bau-Deputation in technischer Beziehung, in Bezug auf den Verkehr aber von der Polizeibehörde beaufsichtigt werden.

Es bestehen hier die Bahnen nach Hamm, Wandsbeck, Barmbeck, Hoheluft, Eimsbüttel, sämmtlich der Hamburger Pferdeeisenbahn-Gesellschaft gehörend und das gewöhnliche System der festen Wagen auf Stahlschienen und hölzernen Lang- und Querschwellen zeigend. Sodann eine eigenthümliche Bahn mit auslenkbaren Wagen zwischen Hamburg und Altona, deshalb bemerkenswerth, weil hier die schwierige Aufgabe der Auslenkbarkeit, deren Lösung oft vergeblich versucht wurde und noch heute durch erfolglose Construction z. B. in Elberfeld-Barmen und Berlin (Weissensee) in Misscredit ist, durch die Kopenhagener Wagen des dänischen Ingenieur Keifler befriedigend gelöst erscheint. Grosse Drehbarkeit des Wagens, welcher karrenartig fast nur auf der festen Hinterachse ruht und gute Anpflasterung der Strasse an den Schienenkopf ist die Hauptsache. Ein kleines, vom Kutscher aufzuhebendes fünftes Rad am Wagen genügt, den Wagen auf den Schienen spuren zu lassen. Der Schwellenbau ist von Holz. Sämmtliche Linien fahren vom Rathhausmarkt ab. Eine Ringbahn um die Aussenalster und nach jenen oben besprochenen $11^{km}$ von der Stadt entfernten Centralanlagen in Fuhlsbüttel ist nahe bevorstehend und es wird alsdann eine Strassenlänge von etwa $44^{km}$ mit Pferdebahnen belegt sein. Kommt hierzu eine augenblicklich in Ausführung begriffene Ringstrasse zwischen Damm- und Holstenthor und die ebenfalls im Bau begriffene Ueberbrückung des Binnenhafens am Niederbaum, durch welche Unternehmungen es möglich werden wird, eine bereits auf dem Glockengiesserwall und Lombardsbrücke in den ersten Anfängen bestehende Ringbahn um die innere Stadt fast ganz zum Schluss zu bringen, und werden alsdann noch einige hinausführende Radiallinien (Rothenburgsort, Eimsbüttel) hinzugefügt, so dürfte dem augenblicklichen Bedürfniss genügt sein.

Die Hamburger Pferdebahn-Gesellschaft verlegt augenblicklich auf der Barmbecker Linie (bei Schürbeck) eine Versuchsstrecke mit eisernem Oberbau und stellt auf der dafür polizeilich frei gegebenen Wandsbecker Linie Probefahrten mit Dampfwagen an, wobei zwei Systeme: Samuelson-Hamburg (combinirte und getrennte Construction der Maschine und des Personenwagens) und Brown-Winterthur (getrennte Maschine von $6{,}2^t$ Dienstgewicht, 15 Atm. Dampfspannung und Röhrencondensation auf dem Schutzdache des Wagens) angewendet werden. Ob und welche Vortheile für die städtische Personenbeförderung durch die Einführung dieser an und für sich trefflich construirten Locomotiven geboten werden können, steht noch nicht fest. Das Scheuwerden der Pferde ist, wenn sich auch die einzelnen Exemplare nach und nach gewöhnen, hinderlich und nöthigt vieles Fuhrwerk, die betroffenen Strassenzüge zu vermeiden, was nicht überall angängig ist. Die Maschinen müssten meines Erachtens noch kleiner construirt werden, da es für solchen Omnibusverkehr (nicht etwa Landstrassenbahn) auf möglichst continuirliche Bewegung ankommt (nach Bürkli-Ziegler ein Bandtransport für Menschen), wofür die grossen Locomotiven zu theuer sind und unnöthige Last auf die Strasse bringen. Bei der grossen Anstrengung, welche in unseren Tagen allseitig auf geeignete Constructionen von Tramway-Locomotiven verwendet wird, ist zu hoffen, dass die noch bestehenden Uebelstände des Dampfbetriebes früher oder später befriedigend aufgelöst werden.

Grosse Steigungen kommen trotz der bis zu $20^m$ betragenden Höhenunterschiede zwischen Marsch und Geest in den durchgehenden Verkehrsstrassen nicht eben vor. Die schlimmste Steigung für die Pferdebahn ist bis jetzt auf der Altonaer Linie: Ellernthorsbrücke und alter Steinweg 1 : 22 bis 25. Der sehr steile Abhang der Geest nach dem Hammerbrook, wo fast keine Strasse flacher als 1 : 20 hinunterführt, wird jetzt durch eine im Modell ausgestellte Strasse am Hühnerposten in St. Georg (zugleich die oben erwähnte Einführung der Verbindungsbahn in den Hammerbrook) auf 1 : 34 abgeflacht.

Man kämpft bei der Entwickelung unseres Strassennetzes vielfach mit engen Strassenbreiten, grossen Häuserhöhen*) und sehr ungleichem und moorigem Untergrunde der Marsch, in welcher die Pflastersteine, die Brückenpfeiler und Vorsetzen leicht einsinken, hat dagegen hierdurch oft interessante Brücken- und Stützmauerconstructionen und daneben eine gute Feuchtigkeit und Bodenbeschaffenheit für den Baum- und Pflanzenwuchs der öffentlichen Anlagen, die rings um die Alster und nach allen Richtungen hinaus ein Gedeihen haben, wie man es sich nur wünschen kann. Zur Beurteilung dieses Wachsthums möchte ich für Ihre Nachmittagsfahrt auf der Alster darauf aufmerksam machen, dass die gesammten Anlagen in St. Georg und Mundsburg erst vor $2^1/_2$ Jahren fertig geworden sind. —

Wenn alle solche und andere Bau-Ingenieur-Fragen: Brückenconstructionen, eisernes, hölzernes und bituminöses Pflaster u. s. w. und nun gar alle eigentlichen Architekturfragen des öffentlichen Bauwesens der Aufgabe Ihres Vereines ferner liegen, so bitte ich dagegen, nachdem Ihnen die ganze Ausdehnung der Stadt vor Augen gebracht ist, der plastischen Karte des Höhenreliefs einen Blick zu gönnen, um daraus die Grundzüge für die grossen technischen Werke der Beleuchtung, Wasserversorgung und Entwässerung ableiten zu können, welche ich nur übersichtlich besprechen will, um der Specialführung nicht vorzugreifen.

Für die Entwerfung, Ausführung und den Betrieb dieser grossen öffentlichen Werke förderlich, für die Projecte der Stadterweiterung, der neuen Verkehrsbauten und auch für diesen Vortrag unentbehrlich ist das in der Ausstellung befindliche Kartenmaterial, welches das Vermessungsbüreau der Bau-Deputation über das ganze hamburgische Gebiet auf Grund einer an Gauss und Schumacher's Gradmessung sich anlehnenden Triangulation hergestellt hat. Die Triangulirung, Ver-

*) Ein neues Gesetz vom Juli 1875 bestimmt als im Allgemeinen inne zu haltende Breite neuer Strassen, welche in Richtung und Höhenlage von der Bau-Deputation genehmigt werden müssen, $17^m$. Die Häuser dürfen $6^m$ höher gebaut werden als Strassenbreite.

messung und Kartirung, letztere in den Massstäben von 1:250 und 1:1000, gelangte für Stadt und nächstbelegene Vorstädte im Jahre 1859 zum Abschluss, diejenige des ganzen Landgebietes als Katastervermessung wurde 1862 begonnen und 1868 zu Ende geführt. Ueber das Amt Bergedorf, welches später an Hamburg kam, existiren ältere Karten. Die Festhaltung der etwa 2000 Dreieckspunkte ist durch Granitsteine oder an Häusern und Thürmen durch Messingstifte geschehen. Die Dreieckskarte mit Verzeichniss vom Jahre 1872 finden Sie in der Ausstellung. Der ebenfalls ausgestellte Mikroskop-Theodolith von Dennert & Pape ist erst später angeschafft, die Triangulation mit gewöhnlichen Repetitions-Theodolithen beschafft. Die ganze Detailmessung für den Massstab 1:250 ist mit Theodolith, Kette und Stab ausgeführt und die Dreieckspunkte des Detailnetzes sind wiederum in Coordinaten bestimmt. Die von den Geometern geführten Feldbücher enthalten genaue Angaben über Culturarten, Eigenthums- und Nutzungsverhältnisse und Grenzconflicte; das Detailnetz ist in besonderen Heften skizzirt, die Coordinaten des Polygonnetzes sind in besonderem Buche berechnet und in die drei- bezw. fünfmal auf einander geklebten Whatman'schen Velinpapierbogen von der Grösse „Double Elephant“ mit Parallelen zum Meridian des St. Michaelisthurm (53° 32' 55,70" nördl. Br. und 9° 58' 41,75" östl. L. Greenwich) eingetragen. Diese Blätter sind noch mit einer Theilmaschine, welche die dazu benöthigten 25 Punkte in das Papier drückt, in 16 Rechtecke zerlegt, wodurch die Auftragung sehr genau wird. Die ganze Länge eines solchen Blattes beträgt Ost-West 214,93m, die Breite 143,29m; mit Buchstaben und Zahlen sind die Netzlinien bezeichnet.

Aehnlich ist die Auftragung 1:1000 auf ebenso grosse Bögen. Die Zeichnung wird hergestellt mit feinen Tuschlinien, wenig Farbengebung und Bezeichnung aller Eigenthumsgrenzen. Darauf erfolgt die Berechnung des Flächeninhaltes der einzelnen Gründstücke durch Amsler'sche Polarplanimeter, in Foliohefte gebucht, wobei auch das Schwinden des Blattes durch analoge Anzahl Rollenumdrehungen corrigirt wird. Die Karten werden behufs Reclamationen 6 Wochen lang öffentlich ausgelegt.

In den Flurbuchregistern werden die Veränderungen des Eigenthums nachgetragen und jetzt wird auch eine Bonitirung der Ländereien in den Aussendistricten beabsichtigt.

Das ganze werthvolle Material wird am Vermessungsbüreau aufbewahrt. Zur grösseren Feuersicherheit wird es jetzt bei einem Erweiterungsbau des Verwaltungsgebäudes feuerfeste Gewölbe erhalten, wobei das Vermessungsbüreau zugleich in die unmittelbare Nachbarschaft der ebenfalls auf Feuersicherheit angewiesenen Hypothekenbüreau gebracht werden wird.

Während durch die Hauptnivellements eine grosse Zahl von Höhenpunkten festgestellt und hiernach Verzeichnisse, bezogen auf Null am Hamburger Pegel gemacht und überall gusseiserne Höhenschilder gesetzt worden sind, hat man seit 1870 für die specielle Aufnahme das Distanzmessen mit dem Theodolith in Verbindung mit dem Höhenmessen mit Erfolg ausgeführt. Die Niveaulinien werden im senkrechten Abstande von 1m, die Karten von 3m eingetragen. Für letzteren Massstab und schnell auszuführende Uebersichtsmessungen über die Höhen ist neuerdings ein am Vermessungsbüreau von dem Geometer Reitz erfundenes Mikroskop-Aneroid gebraucht, auf welchem man an einer mikroskopisch verkleinerten Scala den Barometerstand durch ein Mikroskop genau abliest, welches so empfindlich ist, dass man einen Höhenunterschied von 0,3m durch directes Ablesen erkennen kann. Drei Leute können auf diese Weise 1/16 Quadratmeile pro Tag fertig nivelliren.

Veröffentlicht und in Buchhandel gebracht werden die Massstäbe 1:1000, 1:4000, 1:20000 und für das ganze Gebiet in einzelnen Blättern mit umgrenzendem preussischem Territorium 1:50000. Der Kupferstich wird am Vermessungsbüreau selbst sehr sorgfältig gravirt.

Seit 1873 werden auch plastische Karten dargestellt, indem die Blätter nach den Isohypsen mit dem Schnitzer ausgeschnitten und aufgestiftet oder geklebt werden. Diese z. Th. ausgestellten Karten, deren Höhenrelief sowol nach verzerrtem, wie nach richtigem Massstabe, je nach der Dicke des Papiers dargestellt werden kann, bieten viele Vortheile für Demonstrationen und generelle Vorarbeiten grösserer technischer Entwürfe des öffentlichen Ingenieurwesens. —

Zunächst die städtische Gasbeleuchtung betreffend, so ging die von einer Actien-Gesellschaft mit hoher Dividende betriebene Gasfabrik 1874 vertragsmässig in den freien Besitz der Stadt über und wurde nun auf 10 Jahre verpachtet. Der Pächter verzinst die Bauanlagen mit 5 pCt. jährlich, giebt 50 pCt. des Reingewinnes an den Fiscus, zahlt ausserdem eine von dem Quantum der Production abhängige Pachtabgabe und hat einen bestimmten Verkaufspreis des Gases einzuhalten (jetzt 0,20 ℳ pro Cubikmeter Privatconsum und 0,10 ℳ pro Cubikmeter Strassenlaternen, welche pro Stück auf 307cbm jährlich taxirt werden).

Der vollständige Mangel an Reserven, welcher sich bei Uebernahme des alten Gaswerkes herausstellte, forderte zu einer umfassenden Disposition für die künftigen Erweiterungen auf. Es stellte sich, da der städtische Anbau weit in die Alsterniederung hinein fortgeschritten war, die Nothwendigkeit heraus, die Fabrikanlagen nicht mehr auf die Niederungen der Elbe zu beschränken, sondern sie auch auf Alster und Bille zu vertheilen, um günstigere Druckverhältnisse zu erlangen. (Grasbrook, altes Werk, an der Elbe, Barmbeck, 1874/77, neues Werk an der Alster, Billwärder, für später in Aussicht genommen, an der Bille.)

Ein Blick auf die Reliefkarte veranschaulicht die naturgemässe Vertheilung, wobei also die abwechselnde Ueberführung des Rohrnetzes über hohes und niedriges Terrain möglichst vermieden wird.

Nach der Erbauung des Barmbecker Werkes mit entsprechender Abänderung und Ausdehnung des Rohr-

netzes hat sich die früher bestandene grosse Druckdifferenz (etwa $80^{mm}$ an der Anstalt, $16^{mm}$ an der Peripherie) ganz bedeutend gemindert (etwa 65 an den Anstalten und 22 an der Peripherie.)

Das Rohrnetz (Hauptstränge $0{,}915^{m}$, kleinste Strassenröhren $0{,}070^{m}$) hat jetzt schon eine Ausdehnung von etwa $350^{km}$. Ausdehnungsleitungen in Privatstrassen werden weitergeführt, sobald durch den hinzutretenden Consum 25 pCt. Verzinsung der Anlage garantirt sind.

Die Jahresproduction beträgt

etwa 25 Millionen Cubikmeter,

wovon etwa $^7/_{10}$ auf dem Grasbrook und $^3/_{10}$ in Barmbeck erzeugt werden.

An Gasometerraum ist vorhanden einschliesslich dreier neuerbauter Teleskope, von denen der auf dem Grasbrook $62^{m}$ Gebäudedurchmesser hat und $50000^{cbm}$ Gas beherbergt, $129700^{cbm}$, welches etwas mehr als die jetzige Maximaltagesabgabe (December 1878, $116500^{cbm}$) beträgt.

85000 Tons (1700000 *M*) englische Kohlen, welche direct aus dem Seeschiffe in die Grasbrook-Anstalt und durch Vermittlung von Schuten auf der Alster in die Barmbecker Anstalt gebracht werden und grosse Kohlenschuppen nöthig machen, weil man sich auf einen Wintervorrath einrichten muss, werden bis heute noch von England bezogen, obgleich man sich mit der Einführung deutscher Kohle Mühe giebt. Die 1874 übernommenen Anlagen auf dem Grasbrook hatten einen Werth von $7^1/_2$ Million Mark. Es ist daselbst hinzugebaut für $2^1/_2$ Million Mark. Das Barmbecker Gaswerk kostet 5 Millionen, so dass also die gesammten Anlagen heute mit 15 Millionen Mark zu Buch stehen. Dagegen beträgt die fiskalische Einnahme jährlich etwa $1^1/_2$ bis 2 Millionen Mark, von welchem Betrage die dem Staate obliegende Unterhaltung der Baulichkeiten abgezogen werden muss.

Wenn sonach, wie andrerorts, auch hier das Gasgeschäft einen Nutzen abwirft, so ist auch hier in letzter Zeit durch Versuche mit elektrischem Licht, theils öffentlich, theils in Privatetablissements die Erfahrung bestätigt, dass das Gas in seiner passenden Theilung des Lichtes und seiner Billigkeit nicht wohl entbehrt werden kann. Versuche der Concentration des Gaslichtes auf einzelne Punkte werden auch in unserer Stadt mit Sugg'schen Brennern (Fischmarkt, Alsterthor) augenblicklich vorgenommen. Doch müssen die englischen Resultate nach den sehr sorgfältigen hiesigen Versuchen als übertrieben vortheilhaft bezeichnet werden.

Die Wasserversorgung hat sich erst nach dem Brande, als die abgebrannten Stadttheile ganz neu aufgetheilt und aufgebaut werden mussten und eine ausreichende Feuerlöscheinrichtung erhalten sollten, systematisch entwickelt.

Aeltere Wasserwerke waren theils ungenügend angelegt, theils schöpften sie das nicht zur städtischen Versorgung geeignete moorige Alsterwasser und gingen deshalb ein. Quellwasserleitungen aus den benachbarten Geestböhen waren unsicher und nicht ausdehnungsfähig, während die Elbe ein ganz anerkannt treffliches Versorgungswasser bietet, falls es nur von den mitgeführten meist unorganischen Stoffen gereinigt wird.

Das 1849 eröffnete Wasserwerk Rothenburgsort, $2^{km}$ oberhalb Hamburg in der Marsch hart am Elbdeich belegen, schöpft das Wasser aus Ablagerungsbassins, in welche es durch unterirdische gemauerte Canäle direct aus der Elbe hineinläuft. Der Wasserspiegel der Elbe schwankt in gewöhnlicher Zeit zwischen + 3 und + $5^{m}$ über Null, der Wasserspiegel der Ablagerungsbassins liegt auf + 4,5, möglichst nahe am Hochwasserspiegel.

Die Maschinen, sechs an der Zahl,

4 Cornwall-Maschinen zu

70, 70, 140 und 220 Pferdest. und

2 Woolf'sche stehende Schwungradmaschinen mit Ventilsteuerung zu mindestens 350 Pferdest.,

wovon eine noch im Bau mit Differentialkolben und Ringventilen, zusamen mit

1200 Pferdest. mit

18 Cornwall-Kesseln von 3 Atm. Ueberdruck und etwa $2^{k}$ Kohlenverbrauch pro Stunde und Pferd, pumpen das Wasser für gewöhnlich auf etwa $40^{m}$ Höhe in die niederen Stadttheile und während einiger Nachtstunden auf etwa $60^{m}$ Höhe in die höchsten Stadttheile, während welcher Zeit die niederen von den directen Versorgungen ausgeschlossen werden und von den Hausreservoiren bezw. von drei Hochreservoiren zehren, welche am Steinthor, am Stintfang und auf der Sternschanze belegen, im Ganzen einen Fassungsraum von $13000^{cbm}$ haben.

Die Reservoire sowie die Dimensionen der Zweigleitungen würden nicht ausreichend sein, wenn nicht das System der Hausreservoire von Anfang an vorhanden gewesen wäre, wodurch ein finanziell sehr ins Gewicht fallender Ausgleich der Maschinenarbeit entsteht. In Wirklichkeit sind nur die ganz hoch belegenen Wohnungen auf die den Consumenten gesetzlich zugesicherte einmalige Füllung ihrer Hausreservoire angewiesen, während die niederen Wohnungen und Etagen (auch im Hochdruckgebiet) factisch einen steten Zulauf haben. Die Vertheilung geschieht mittelst eines Netzes von Haupt- und Zweigleitungen, an letztere schliessen die Häuser an, so dass eine ganze Häuserreihe auf einmal durch Abschluss der Zweigleitung von der Hauptleitung getrennt werden kann. Hydranten sind in 50 bis $150^{m}$ Abstand für Feuerlöschung, Spülung, Strassenbesprengung, im Ganzen über 2000 Stück, vorhanden.

Der Gesammt-Tagesconsum im Sommermaximum für alle versorgten Districte hat in diesem Jahre bereits $90000^{cbm}$ erreicht, wovon etwa $^1/_{10}$ mit Hochdruck zur Stadt geliefert wird.

Wenn die noch im Bau befindliche sechste Maschine in Betrieb sein wird, so wird eine Capacität des Pumpwerkes von $120000^{cbm}$ vorhanden sein, wobei eine der grossen Maschinen in Reserve angenommen ist.

Da die Wasserversorgung mit dem Ausbau der Stadt gleichen Schritt hält — nur da wo keine Schwemmsiele vorhanden, ist Wasserversorgung unzulässig, sonst werden die Ausdehnungsleitungen gegen 6 pCt. garantirte

Verzinsung der Anlagekosten stets gelegt — so kann man die ganze Bevölkerung mit etwa 375000 Seelen als versorgt annehmen und hieraus den täglichen Prokopfconsum zu mindestens 180 bis 190¹, Besprengungen, Feuerlöschung und Gewerbebetrieb einbegriffen, und das Pumpwerk für eine Zunahme der Bevölkerung bis auf mindestens 500000 Menschen für sicher ausreichend annehmen.

Die Gesammteinstandsumme des Werkes beträgt heute

etwa 10000000 ℳ

Die Betriebskosten, worunter 120000 ℳ auf 12000ᵗ Kohlen verwendet, die bis jetzt aus England genommen werden, weil sie sich billiger stellen als die deutschen,

betragen etwa . . . . 550000 ℳ,
die Einnahmen . . . 1300000 ℳ,

so dass der Ueberschuss mit über 7 pCt. die Anlagekosten verzinst.

Der Verkaufspreis ist sehr billig, im Allgemeinen nach Zimmerzahl (Zimmer 2,40 ℳ, ebenso Küche, Badezimmer und Closet), seltener nach Wassermessern, welche eigentlich nur für gewerbliche Anlagen und grössere Gärten benutzt werden, wobei dann der Preis 0,10 ℳ pro Cubikmeter ist.

Das im Allgemeinen gut angelegte Wasserwerk liefert nun aber leider oftmals eine sehr schlechte Wasserqualität wegen des Mangels jeglicher Filtration. Selbst wenn die Ablagerungsfläche entsprechend vergrössert würde, so kann dann doch das oft ganz durch Schlamm getrübte Elbwasser (im Frühjahr) nicht genügend geklärt werden, auch ist das Röhrennetz wegen des steten Zuflusses von organischen und mineralischen Bestandtheilen trotz grösster Anstrengung nicht rein zu halten, sondern mit Muscheln und Schlamm incrustirt und mit Thieren durchzogen. Deshalb ist eine centrale Reinigung des Wassers absolut nothwendig und bei der zur natürlichen Filtration untauglichen Bodenbeschaffenheit der Elbniederung und der an etwa 100 artesischen Brunnenbohrungen gemachten Erfahrung, dass auch das Wasser tieferer Schichten (bis zu 290ᵐ) entweder Färbungen durch Huminsäure (Braunkohlen) oder Bitumen, oder mehr oder weniger Schwefel oder Koch- und ähnliche Salze und dergleichen mehr enthält, und in grösserer Tiefe zu warm wird (230ᵐ Schaarmarktsbohrung 19° C.), ist die künstliche Sandfiltration, wie sie in Altona mit Erfolg besteht, projectirt und augenblicklich, von einer gemischten Rath- und Bürger-Commission warm empfohlen, den gesetzgebenden Körperschaften zur Berathung vorgelegt. Das Project ist in einer Mappe ausgelegt und geht davon aus, dass die Pumpanlage beibehalten und eine inmitten der Elbe belegene, zum grossen Theile dem Staate gehörende Fläche Landes (Kalte Hofe) zur Filteranlage mit vorheriger Klärung in grossen Vorrathsbassins verwendet werden soll.

Filterdicke 2,3ᵐ.

Filterfläche 1ᵐ pro 1,5ᶜᵇᵐ in 24 Stunden.

Kosten der Ausführung auf etwa 6 Millionen Mark veranschlagt.

Wie wichtig auch für den Betrieb die Verbesserung des Wassers sein würde, ersieht man aus den auf Anregung des Architekten- und Ingenieur-Verbandes angestellten Beobachtungen über die Reibungswiderstandshöhen in unsern Rohrleitungen. Diese Beobachtungen sind vom Wasserkunstbüreau sehr sorgfältig mit Bourdon'schem Manometer oder, wo zulässig, mit Standrohren (Piezometern) und directer Cubicirung des Durchflussquantums angestellt und ergeben, dass bei den gewöhnlichen 0,102ᵐ weiten (4zölligen) Strassenleitungen oft 23,1 mal so grosse Reibungswiderstandshöhe stattfindet als in reinem Rohr (nach Darcy's Formel berechnet) — und selbst noch bei 12zölligen Röhren 5,9 mal so gross; ferner dass man den 0,305ᵐ (12zölligen) Durchmesser auf 0,20ᵐ (um $^1/_3$) verkleinern könnte, falls das Rohr rein wäre.

Das Rohrnetz der Stadtwasserkunst hatte Ende 1878 eine Länge von 285ᵏᵐ in Weiten von 0,10 bis 1,22ᵐ, und man kann aus dem Vorigen entnehmen, welche unnütze Maschinenarbeit und entsprechende Mehrausgabe an Kohlen u. s. w. bei einem so langen Rohrnetze diese Verschlammung durch unreines Wasser zur Folge hat.

Es erübrigt jetzt noch des Sielsystems zu gedenken, der unterirdischen aus Backstein gemauerten besteigbaren Schwemmcanäle, 10 Querschnittsgrössen in kreisrunder bezw. elliptischer oder eirunder Form, die grösste kreisförmig von 3ᵐ lichtem Durchm. (Classe *A*), die kleinste 0,86ᵐ hoch und 0,57ᵐ breit (Classe VI), welche jetzt schon in Länge von 205ᵏᵐ mit 16½ Million Mark Kosten erbaut, den gesammten städtischen Anbau durchziehen und durch vier Hauptmündungen als vier getrennte Systeme in die Elbe ausströmen.

Sie nehmen alles Verbrauchs- und Tageswasser einschliesslich der Fäcalstoffe, auch die Abflüsse aus den Kellern auf, und ihre Grösse ist nach den bekannten hydrodynamischen Formeln berechnet unter der Annahme, dass pro Kopf täglich 150¹, wovon die Hälfte in 9 Stunden, in das Siel geliefert werden, und dass eine Regenmenge von 25ᵐᵐ pro Tag, wovon ⅔ in die Siele gelangt, abgeführt werden muss. Ausserdem drainiren die Siele und senken das Grundwasser. Für Sturzregen sind Nothauslässe in die vielen offenen Gewässer vorgesehen. Für die mit den Kellern unter Sturmfluthhöhe der Elbe liegenden Stadttheile ist in dem Bereiche des alten städtischen Sielsystems bei hohen Wasserständen der Elbe eine Entlastung in das sogenannte Mittelbassin, zwischen Elbe und Alster, von beiden durch Schleusen abgetrennt, möglich, während die höheren Stadttheile auch dann ungehindert in die Elbe abfliessen können.

Diesen Schwemmsielen kommt die gestaute Lage der Alster, welche 3,3ᵐ über dem Niedrigwasserspiegel der Elbe liegt, im höchsten Masse zu Gute. Denn durch sie ist es möglich, die sämmtlichen tieferliegenden Hauptsiele zu spülen, während die hochbelegenen Geestsiele wiederum ihren Nothauslass in dieselbe finden.

Die Spülung aus der Alster geschieht durch Oeffnen von Schützen, nachdem zuvor ein künstlicher Anstau

durch Verschliessen von Stemmthoren oder Klappen im Siel erzeugt ist. Solche Stemmklappen befinden sich bei Gabelungen und vor grossen Dükern (wie es an der Lombardsbrücke bei den beabsichtigten Sielfahrten gezeigt werden soll).

Die über dem Alsterniveau belegenen Siele werden durch successives Zusetzen von Klappen, von unten nach oben fortschreitend, gespült. Die obersten Zweige haben auf den Wasserscheiden zwischen zwei Gefällen, horizontale grössere Spülreservoire, welche plötzlich abgelassen werden. Das Wasser des Rohrnetzes der Stadtwasserkunst wird zu Sielspülungen nie benutzt. Alle 40$^{m}$ befinden sich frei auf die Strasse mündende Luftschachte, alle 150$^{m}$ Einsteigeschachte, die Rinnsteintrummen haben keine Wasserschlüsse, und Sinkkasten nur da, wo die Strassenbefestigung locker ist (Chaussee, Sandweg).

Die Gefälle der Hauptsiele gehen bis zu 1 : 3000 hinunter, die Zweigsiele sind dem natürlichen Gefälle der Gegend entsprechend steiler. Nur in der Hammerbrooker Marsch, deren Keller noch unter dem Elbstande liegen, mussten die Siele horizontal und dafür in sehr grossen Querschnitten angelegt werden.

Es giebt vier Sielsysteme, welche dem Ausbau der Stadt entsprechend, allmälig angelegt sind: 1) das alte städtische in den vierziger und funfziger Jahren, jetzt, nach Verbreiterung der Vorsetzen, weiter elbabwärts geführt, 2) das Geeststammsiel, die Alsterniederung entwässernd und die Alster vor den unreinen Zuflüssen schützend, welches mit einem über 3000$^{m}$ durch die Geest getunnelten Transportsiel von der Esplanade, wo sich die beiden Stammsiele der Alsterufer vereinigen, bis zum neuen Markt- und Landungsplatz in St. Pauli in die Elbe führt und für die Befahrung heute und die folgenden Tage mit Beleuchtung und Booten versehen ist. Beide Mündungen sind durch lange eichene rechteckige Kasten bezw. 42$^{m}$ und 72$^{m}$ von der Ufermauer unter das Strombett bis mitten in die Stromrinne der Elbe geführt.

Ein drittes System entwässert durch Pumpwerk die Hammerbrooker Marsch. Dieses Pumpwerk wird jetzt verlegt, um nicht mehr in den engen Oberhafen, sondern in das Geeststammsiel zu pumpen. Das im Bau befindliche Pumpwerk hat zwei Dampfmaschinen, deren jede mittelst einer Centrifugalpumpe nach Nagel & Kaemp'scher Construction $^{3}/_{4}$ $^{cbm}$ Wasser in der Secunde auf eine Höhe von 2,70$^{m}$ heben soll. Das jetzige ebenfalls Centrifugalpumpen enthaltende Pumpwerk im Hammerbrook wird für die Entwässerung der Marsch bei hohem Elbstande beibehalten.

Ein viertes System, den Städten Hamburg und Altona gemeinschaftlich dienend, führt in einer Einsattelung zwischen St. Pauli und Altona nach der Elbe, in dem früheren offenen Laufe der „alten Aue", von welchem Bache Altona seinen Namen hat.

Die sämmtlichen Grundstücke sind durch Staatsgesetz verpflichtet, ihre ganze Entwässerung an das Strassensiel anzuschliessen. Bebaute Grundstücke zahlen dafür 21 ℳ pro laufendes Meter Strassenfront, nicht bebaute 9 ℳ; nur solche Grundstücke, denen die Clausel der Nichtbebaubarkeit aufliegt, zahlen garnichts. Diese Beiträge decken nicht einmal die Kosten des geringsten Sielquerschnittes, so dass die Sielbeitragscasse, aus der die kleineren Zweigsiele erbaut werden sollen, oftmals kein Geld hat und neue oder ferner liegende Districte oft in sehnsüchtiger Erwartung Jahre lang verharren müssen, was dem voreiligen Ausbauer noch ausserdem den Schaden zufügt, dass er so lange auch keine Wasserleitung erhält, um nicht den Wasserverbrauch in Closet und Badezimmer ohne gleichzeitige systematische Einrichtung zur Fortschaffung der unreinen Abflüsse zu befördern und so den Boden durch das Medium erlaubter oder unerlaubter, auch sog. wasserdichter Schwind- oder Versickerungsgruben mit gesundheitsschädlichen Stoffen zu inficiren.

Im Allgemeinen liegen die Siele 3 bis 5$^{m}$ unter der Strasse, so dass sie die Keller gut entwässern können. Unter den Fleethen der Stadt sind sie mit Dükern (gewöhnlich gusseiserne, schmiedeeiserne bei der Roosenbrücke, gemauerte unter der Lombardsbrücke) durchgeführt. Eine sehr viel grössere Tiefe hat nur die schon oben erwähnte letzte halbe Meile des Geeststammsiels, welche 20$^{m}$ tief unter dem Geestplateau St. Pauli's durchgetunnelt werden musste und in dieser Tiefe natürlich keine Haus- und Strassensiele mehr aufnimmt. Der Weg musste gewählt werden, weil sich in dem niedrig gelegenen Strassenzuge der inneren Stadt längs der Alstermündung nach der Elbe kein Platz mehr für ein so grosses Rohr von 4$^{m}$ äusserem Durchmesser (3$^{m}$ im Lichten, 4 Rollschichten) finden liess. Die Fahrbahnen der Strassen in der alten Stadt waren durch ihre eigenen Siele, Wasser-, Gas- und Telegraphenleitungen*) bereits gänzlich in Anspruch genommen und die Trottoire stehen dem Privatmann für den sog. Casemattenbau zur Verfügung, falls er den Trottoirbelag bezahlt. (Man findet sogar Kegelbahnen unter den Trottoirs.)

Die Tunnelzeichnungen der Bauausführung von 1872 bis 1875 finden die Theilnehmer an den Sielfahrten in den Casematten des Ein- und Ausganges ausgestellt.

Die Unterhaltung der Siele kostet wenig. Sie erfordert jetzt etwa 20 Sielwärter, welche die Spülungen handhaben und für den rechtzeitigen Abschluss der von Sturmfluthen bedrohten Strecken sorgen. Solche hohe Elbwasserstände halten übrigens wegen der besonderen Verhältnisse der Fluthbewegungen nie lange an.

Wenn hiermit etwa das die verehrliche Versammlung zumeist interessirende Material des öffentlichen Bauwesens angedeutet wäre — der gesammte eigentliche Hochbau, interessante Ventilations- und Heizungsanlagen, z. B. in der Gewerbeschule, die Viehmärkte, Schlachthäuser, Badeplätze u. A. konnten nicht einmal erwähnt werden — so erübrigt es noch, über die Verwaltung des öffentlichen Bauwesens selbst einige Worte

*) Ausser den Reichstelegraphen die städtische Feuer-Telegraphenleitung. Letztere ist in den Vororten auf schmiedeeisernen Stangen oberirdisch angelegt.

zu sagen, umsomehr, als die einschlägigen Verhältnisse in unserem kleinen Freistaate für Nicht-Hamburger manches Ungewohnte haben mögen:

An der Spitze des Bauwesens steht, den Grundsätzen unserer republikanischen Verfassung gemäss, ein aus drei Senatsmitgliedern und zehn Bürgern zusammengesetztes Collegium, die Bau-Deputation. Die Finanz-Deputation ist unter den zehn Bürgern durch zwei Delegirte vertreten, die anderen acht wechseln in achtjährigem Turnus und werden von der Bürgerschaft gewählt. Einige von ihnen werden in die Bürgerschaft deputirt*), welche bekanntlich mit dem Senate die gesetzgebende Gewalt repräsentirt und mit ihm das Recht der Geldbewilligung theilt. Das Präsidium der Bau-Deputation führt stets ein Senator.

Diese aus Nichttechnikern bestehende Behörde zerlegt ihr Ressort in drei Hauptheile: Hochbau, Ingenieurwesen, Strom- und Hafenbau. Die ersteren beiden Theile werden in einer Section gemeinschaftlich behandelt, der letztere in einer Section für sich. Eine dritte Section leitet das in technischer Beziehung dem Ingenieurwesen eingefügte Wasserwerk. Die Aufsicht über das verpachtete Gaswesen wird ähnlich wie in anderen Städten (Berlin, Dresden) von einem ad hoc aus Mitgliedern der Bau- und Finanz-Deputation bestellten Gas-Curatorium geführt, welches durch die Wahl seiner technischen Beamten und sonstige Bestimmungen einen Zusammenhang mit dem Ingenieurwesen der Bau-Deputation hat. Sämmtliche Büreaus der Bau-Deputation sind vereinigt im Verwaltungsgebäude Bleichenbrücke 17, nur der Strom- und Hafenbau hält sich wegen der Nachbarschaft der Elbe bei St. Annen No. 4 auf. Die Herren, welche über Einzelnes Auskunft erhalten wollen, sind hiermit freundlichst zum Besuch unserer Büreaus eingeladen.

Die fachmännische Spitze der drei obengenannten Abtheilungen bildet je ein Oberbeamter, für den Hochbau der Bau-Director, für das Ingenieurwesen einschliessl. Vermessung und Stadtwasserkunst der Ober-Ingenieur, für den Strom- und Hafenbau der Wasserbau-Director.

Diese drei Techniker, welchen je ein Centralbüreau zur Seite steht, sollen für allgemeine Fragen ein technisches Collegium bilden und an den Sitzungen der Bau-Deputation bezw. der Sectionen mit berathender Stimme theilnehmen. Ihre Ressorts unterscheiden sich so, dass der Hochbau die Staatsgebäude, Markt- und Schlachthallen u. s. w., der Strom- und Hafenbau die Elbe und ihre Häfen verwaltet, dem Ingenieurwesen die Verkehrs- und öffentlichen Anlagen, die Ingenieurbauten der Stadt und des Gebietes, einschliessl. des dazugehörigen Wasser- und Brückenbaues, der Be- und Entwässerung und das Vermessungswesen mit den Plänen der Stadterweiterung zugetheilt ist.

Die technischen Verwaltungen des Hochbaues und des Strom- und Hafenbaues sind je in zwei Bauabtheilungen zerlegt, das Ingenieurwesen in vier, deren jeder ein Bau-Inspector, bezw. Abtheilungs-Ingenieur vorsteht. Die Stadtwasserkunst hat ebenfalls einen Ingenieur als besonderen technischen Vorstand und das Vermessungsbüreau leitet ein Geometer. Auf den Büreaus einschliessl. des mit einem Büreau-Inspector und einem technischen Büreauchef ausgestatteten Centralbüreaus der Oberbeamten arbeitet eine Anzahl von festangestellten Bauconducteuren und Diätaren.

Augenblicklich ist der Bestand so, dass der Hochbau

9 Baubeamte und 36 Diätare,

das Ingenieurwesen

49 Baubeamte und 72 Diätare,

wobei 33 Geometer des Vermessungsbüreau mitgerechnet sind, der Strom- und Hafenbau

12 Baubeamte und 8 Diätare

beschäftigt.

Die Anstellung der Bauconducteure geschieht auf Vorschlag des Oberbeamten durch die Bau-Deputation, und es ist hierbei hervorzuheben, dass das Augenmerk auf eine gute allgemeine und auf eine durchaus abgerundete technische Vorbildung gelegt wird, wie sie im Allgemeinen nur durch die völlige Absolvirung der technischen Hochschule erreicht wird; dass aber die Qualification zum Staatsdienst nicht durch Staatsexamina, sondern meist aus längerer Beobachtung bei der vorhergegangenen diätarischen Beschäftigung abgeleitet wird, und dass auch der einmal angestellte Conducteur nicht lediglich Anciennetatis causa in die höheren Beamtenstellen einrückt, sondern dass auch hierbei jedesmal nach eingehendem Berichte der vorgesetzten Beamten frei gewählt wird. Bei diesem Verfahren, welches vielleicht nur in dem kleinen Gemeinwesen, wo die einzelne Persönlichkeit sich vor den Augen Aller entwickelt, durchführbar erscheint, wird den Collegen viele Zeit und der Bau mancher Eselsbrücke erspart. Dass sie hier sonstige Brücken genug zu bauen finden, mag Ihnen die Orientirungstabelle beweisen, welche ich mir erlaubt habe der Versammlung zu dediciren. (Man kann dieser Tabelle gemäss, wie weiland von dem 100thorigen Theben so von Hamburg als dem 100brückigen sprechen.)

Inmitten eines jeden Jahres wird ein Bauverwaltungsbudget von den Technikern ausgearbeitet und von der Behörde berathen. Das Budget umfasst aber nur die nothwendigste Verwaltung. Alle wesentlichen Neuanlagen werden, eventuell nach Aufstellung des Programms durch die betreffende Fachbehörde, in besonderen Ausarbeitungen der Techniker vor die Behörde gebracht. Die Ausführung gelangt dann, nach erfolgter gesetzmässiger Bewilligung durch den Senat und die Bürgerschaft, bei welcher letzterer der Baubeamte zuweilen wieder als Senatscommissar Auskunft zu geben hat, durch Specialauftrag in die Hände der Bau-Deputation. Alle anderen Verwaltungsabtheilungen, welche Bauten in Anspruch nehmen, sind ebenfalls auf die Ausführung durch die Bau-Deputation angewiesen.

Wenn nun schon angedeutet ist, dass die grossen Bewilligungen ausser dem Budget für nothwendige Stromcorrectionen (Durchstich der Kalten Hofe) für

*) Durch eine inzwischen beschlossene Verfassungsrevision abgeändert.

neue Dampfschiffsquais, für Brücken- und Strassendurchbrüche (Niederbaumbrücke, Dammthorwall-Regulirung), für die Concentration der Justizgebäude am Holstenthor, Neubau des Zellengefängnisses in Fuhlsbüttel, die Hauptausgaben des öffentlichen Bauwesens bilden, so würde es Ihnen durch Mittheilung des Jahresbudgets um so mehr klar werden, wie gross die Unterhaltungslast der für den Handel und Verkehr erforderlichen Bauanlagen ist, welche ihrer Lage am Strome wegen auf schlechtem und niedrigem Baugrunde stehen, dem Wechsel der Wasserstände ausgesetzt sind, wozu also auch gehören die fortdauernden Pflasterreparaturen in der Elbniederung, die Offenhaltung und Bezeichnung des Fahrwassers der Elbe u. s. w. Dies gewöhnliche Jahresbudget beträgt trotz der äussersten durch die Zeitumstände gebotenen Beschränkung der Ausgaben für das Jahr 1879

4200000 *M* *),

wovon nur etwa 400000 *M* für Hochbauten abgehen.

Sie mögen hierdurch ermessen, dass dem Hamburgischen Hafenplatze, trotz seiner günstigen natürlichen Lage doch nicht die gebratenen Tauben ohne weiteres auf dem Seewinde zufliegen, und dass es gerechtfertigt erscheinen muss, unserem Gemeinwesen alle, oft aus ungenauer Localkenntniss entspringenden Hemmnisse und Lasten möglichst fern zu halten, damit nicht die Geldkraft und Arbeitsenergie zersplittert werde, welche nöthig ist, um die bauliche Instandhaltung und zeitgemässe Fortbildung der städtischen Bauanlagen stets in der von dem praktischen Fachmann als richtig erkannten Art und Weise vornehmen zu können.

Wenn Sie aus den ausgestellten Modellen und Zeichnungen unseres öffentlichen Bauwesens, aus den schönen Schiffsmodellen der Hamburgischen Rhederei, aus den bevorstehenden Excursionen nach den öffentlichen Anlagen für Beförderung, Aufbewahrung und Umarbeitung der Handelsware, aus dem ganzen technischen Aufbau unserer Verkehrs- und Lebenseinrichtungen eine Vorstellung von dem Getriebe unseres Warenplatzes in sich aufnehmen mögen, wir wollen Ihnen gern die erklärenden Führer sein und Ihnen danken, wenn Sie nach Ihren Heimathstädten die Ansicht mit zurücknehmen, dass hier unter einfacher bürgerlicher Verwaltung kein Schlaraffenthum, sondern Anstrengung und Frische zu derjenigen Arbeit vorhanden ist, durch welche die nationale Wohlfahrt gefördert wird, zu deren Erkenntniss und Vertretung eine Vereinigung wie die Ihrige ganz besonders berufen erscheinen muss.

*) (Selbstverständlich ist hier das Budget der Wasser- und der Gaswerke ganz ausser Acht gelassen.)

# Ueber die Transport-, insbesondere Eisenbahnverhältnisse der Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Von **Heinrich Macco** in Siegen.

(Vorgetragen in der ersten Plenarversammlung der XX. Hauptversammlung am 25. August 1879.)

## Einleitung.

Während der Zeit, in welcher ich mich noch in Verhandlung mit unserem geehrten Hrn. Vorsitzenden über einen etwa in der diesjährigen Hauptversammlung zu haltenden Vortrag befand, wurde ich eines Tages durch die Mittheilung unserer Wochenschrift überrascht, dass ich hier einen Vortrag über die Transport-, insbesondere Eisenbahnverhältnisse der Vereinigten Staaten von Nordamerika halten sollte.

So wichtig und interessant eine solche Aufgabe an sich auch ist, so werden Sie mir zugeben, dass das Thema, die Transportverhältnisse der hauptsächlichsten Industrien der Vereinigten Staaten einer eingehenden Erörterung zu unterziehen, so umfangreich ist, dass ein sonst stark beschäftigter Mann wol nicht in der Lage ist, in 1½ Monaten die erforderliche Zeit zu finden, um den Gegenstand auch nur einigermassen seiner Bedeutung gemäss zu behandeln. Ich muss mich daher in meinem heutigen Vortrage lediglich auf die Eisenbahnverhältnisse der Union beschränken. Gelegentlich werde ich allerdings das vorhandene Canal- und Wasserstrassensystem dieses Landes kurz erwähnen, muss aber im Uebrigen bitten, mit Rücksicht auf das vorher Gesagte, etwa hochgespannte Erwartungen, mit denen die geehrten Anwesenden hierher gekommen sind, entschieden zu vermindern.

Auch das Eisenbahnwesen der Vereinigten Staaten bietet ein so ausgedehntes und hoch interessantes Feld, dass ich für die mir heute gegönnte Zeit nur in der Lage bin, dasselbe skizzenhaft zu behandeln. Als Nichtfachmann ist es wol selbstverständlich, dass es mir nicht möglich war, alles hierzu dienende Material aus eigenen Quellen und Erfahrungen zu schöpfen. Durch gute Empfehlungen war ich allerdings in der Lage, während eines längeren Besuches in den Vereinigten Staaten mich mehr mit diesem Fache beschäftigen zu können, als dies gewöhnlich bei Reisenden der Fall ist. Neben meinen persönlichen Beobachtungen habe ich nun zu dem heutigen Vortrage die ausführlichen und vorzüglichen Arbeiten von Bartels, Pontzen, Kupka der „Zeitschrift des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“ und Poor's „Railroad Manual“ benutzt.

## Allgemeines.

Bei Betrachtung und Beurteilung der Eisenbahnverhältnisse der Union ist es nothwendig zu berücksichtigen, dass die Umstände, unter denen das Eisenbahnwesen dort gegründet ist und sich entwickelt hat, ganz verschiedener Natur von denjenigen sind, unter denen dies in den meisten Staaten des europäischen Continents der Fall war. Zur Zeit des Anfanges und Baues der Eisenbahnen in Europa waren diese Staaten

schon der Cultur erschlossen. Die vorhandenen natürlichen Mittel dieser Länder waren in der Hauptsache vollständig bekannt und in Bezug auf die von ihnen zu erwartende Entwickelung einigermassen übersichtlich. Es konnte demnach bei Eisenbahnbauten in Europa die Aufgabe, welche diesen Bauten und dem von ihnen zu verlangenden Betriebe gestellt wurde, mit einiger Sicherheit übersehen werden. Ferner konnte bei den anzulegenden Capitalien annähernd beurteilt werden, ob diese Gelder Aussicht hatten, eine genügende Rente abzuwerfen. Beim Baue der Eisenbahnen in den europäischen Staaten musste berücksichtigt werden, dass die Bevölkerung in ganz geregelten Verbänden lebte und das Verlangen stellen konnte, dass die vorhandenen Industrien, die vorhandenen Verkehrsmittel in keiner Weise durch die Einführung dieses neuen Verkehrsweges geschädigt oder eingeschränkt wurden.

Ganz anders gestalteten sich die Umstände in den Vereinigten Staaten. Mit Ausnahme eines verhältnissmässig kleinen Strich Landes im Osten befand sich der grösste Theil dieser unendlichen Landfläche in einem vollständig unentwickelten und uncultivirten Zustande. Die Eisenbahnen erst waren die Förderer der Cultur. Erst durch sie wurde es möglich, das Land überhaupt genau kennen zu lernen, seine Mittel aufzudecken; die grossen Flächen zu cultiviren und Industrien zu gründen. Natürlich ist es, dass auf solche Weise die Eisenbahnen auch der Mittelpunkt des durch sie entwickelten Lebens für längere Zeiten blieben, dass sie mit ihren Stationen die Krystallisationspunkte für Städte und Ortschaften bildeten und dass sie in jeder Beziehung dominirend auf das Leben und die Entwickelung der durch sie erschlossenen Gegenden einwirkten.

Dass die Bahnen auf die billigste Weise unter solchen Verhältnissen angelegt wurden, ist selbstverständlich und ebenso, dass viele derselben nach verhältnissmässig kurzem Zeitraume nicht mehr in der Lage waren, dem in unerwarteter Weise entwickelten Verkehr entsprechen zu können. Ungenügende Leistungen und infolge dessen Collisionen mit den durch ihr Vorhandensein einmal berechtigten Interessen waren selbverständliche und häufige Folgen.

Von der Art der Beschaffung der Mittel zum Bahnbau in den Vereinigten Staaten will ich hier nicht reden, dieselbe ist an den europäischen Börsenplätzen wol genügend bekannt. Aber als auffällige Thatsache ist zu erwähnen, dass der Amerikaner die in Bezug auf die Rentabilität immerhin mehr oder weniger unsicheren Capitalien für seine Bahnen dennoch verhältnissmässig leicht beschaffen kann. Theilweise ist dies dadurch zu erklären, dass das Bauen von Eisenbahnen, trotz dem sonst so kalt rechnenden amerikanischen Verstande, zu einer patriotischen Leidenschaft geworden ist.

### Verhältniss zum Staat.

Das unter diesen Umständen sich entwickelnde Bahnwesen bestand ebenso wenig wie die Beschaffung der zu diesen Bauten erforderlichen Mittel unter staatlicher Aufsicht. Sämmtliche Eisenbahnen der Vereinigten Staaten sind Privatbahnen. Die Concession zum Bahnbau erfolgt durch eine Erlaubniss des Congresses zu Washington. Die Regierung hat bis jetzt in keinem einzigen Falle eine Zinsgarantie geleistet, nur in wenigen Fällen, in denen die Bahnbauten im öffentlichen Interesse lagen, hat sie Capitalien als Vorschuss gegeben. So haben die Pacific-Bahnen einen Betrag von etwa 256 000 000 *M.**) erhalten. Ganz ausserordentlich hat dagegen die Regierung den Bahnbau durch Verschenkung von Landstrecken begünstigt. Bis zum 30. Juni 1873 waren im Ganzen 214 031 807 Acker Land auf solche Weise den Bahngesellschaften geschenkt. Gegen diese Verschenkungen mussten die Gesellschaften sich verpflichten, die Bahnen in bestimmten Fristen fertig zu stellen. Im Staate Texas werden durch ein Gesetz vom Jahre 1854 den Bahnen für je $40^{km}$ fertig gestellte Linie 10 Sectionen Land zu je $260^{ha}$ überwiesen. Der praktische Amerikaner berücksichtigt natürlich, dass durch diesen Bahnbau das zu durchziehende Land erheblich im Werthe gesteigert wird, und so wird an den Hauptstrecken die Schenkung in der Weise angeordnet, dass die Striche des neben den Bahnen liegenden Landes in Sectionen abgetheilt werden, von denen abwechselnd der Staat je eine behält, während die folgende an die Bahn überlassen wird.

Eine einheitliche allgemeine Gesetzgebung über das Eisenbahnwesen existirt in den Vereinigten Staaten nicht. Allerdings haben die Einzelstaaten für das von dem Congress von ihnen an die Bahnen verschenkte Land das Recht der Beaufsichtigung der Verwaltung, die Festsetzung der Maximal-Frachtsätze für Personen und Güter. Da indess diese Aufsicht nur durch Nichtfachleute ausgeübt wird, und da die Bahnen in der Form ihres Betriebes, in der Form ihrer Buchführung in keiner Weise bestimmten Regeln oder Verpflichtungen unterworfen sind, so ist es erklärlich, dass diese Aufsicht eine vollständig illusorische ist. Sie drückt sich nur aus durch die ganz mangelhaften statistischen Erhebungen der Einzelstaaten.

Die Feststellung der Maximal-Tarife für den Personen- und Gütertransport steht so im Widerspruch mit dem Charakter der amerikanischen Bevölkerung, dass dieses Gesetz schon theils hierdurch überhaupt, als allseitig missliebig, nicht in Anwendung gebracht, theils durch den erfinderischen Geist des Amerikaners vollständig werthlos gemacht wird.

Im Allgemeinen muss indessen angeführt werden, dass in den Vereinigten Staaten die Stimmen immer lauter werden, welche den Eisenbahnen den Charakter eines öffentlichen Weges zuschreiben. Wenn auch bis jetzt die Neigung zu einer Verstaatlichung nicht hervorgetreten ist, so scheint doch das Verlangen nach einer besseren gesetzlichen Regelung des Eisenbahnwesens und nach einer schärferen Controle so stark zu werden, dass auch in dieser Richtung bald wesentliche Aenderungen von der Bundesregierung zu erwarten sind.

*) Im Folgenden ist stets: 1 Dollar Cy. = 4 *M.* und 1 engl. Meile = $1{,}609^{km}$ gerechnet.

# Tabelle I. Statistische Zahlen über die Längen und

| Land | Eisenbahnen Ende 1877 (km) | Es kommen Eisenbahnen auf 100 qkm (km) | Es kommen Eisenbahnen auf je 10000 Einwohner (km) | Anlagecapital der Eisenbahnen: Jahr | Die Angaben beziehen sich auf (km) | Verwendetes Anlagecapital (M) | pro Kilometer (M) | Transportmittel und Leistungen der Eisenbahnen: bezieht sich auf (km) | Anzahl der Locomotiven | Anzahl der Personenwagen | Anzahl der Lastwagen | Auf je 10 km kommen Locomotiven | Auf je 10 km kommen Personenwagen | Auf je 10 km kommen Lastwagen | Von den Locomotiven wurden zurückgelegt (Nutz-Kilometer) | Jede Locomotive legte durchschnittl. zurück (Nutz-Kilometer) | Tägl. Zugfrequenz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deutschland . . . | 30 303 | 5,6 | 7,1 | 1875 | 27 675 | 7 097 275 142 | 256 450 | 27 413 | 9 936 | 17 392 | 196 314 | 3,6 | 6,3 | 71,1 | 189 298 092 | 19 052 | 18,9 |
| Oesterreich-Ungarn | 18 058 | 2,9 | 4,8 | - | 16 706 | 4 509 712 120 | 269 950 | 16 687 | 3 303 | 7 089 | 75 772 | 1,9 | 4,2 | 35,4 | 61 254 385 | 18 818 | 10,3 |
| Grossbritannien . | 27 540 | 8,7 | 8,1 | - | 26 819 | 12 604 469 880 | 470 105 | 26 819 | 12 439 | 26 204 | 347 311 | 4,7 | 9,7 | 129,5 | 337 340 379 | 27 120 | 34,5 |
| Frankreich . . . . | 23 383 | 4,4 | 6,3 | 1873 | 21 987 | 8 110 800 000 | 368 890 | 18 171 | 5 573 | 12 500 | 150 000 | 3,1 | 6,8 | 82,5 | 210 000 000 | 37 681 | 31,6 |
| Belgien . . . . . . | 3 710 | 12,6 | 6,8 | - | 3 393 | 963 348 231 | 283 922 | 3 393 | 1 500 | 5 000 | 40 000 | 4,4 | 14,7 | 118,0 | 34 743 061 | 23 162 | 28,0 |
| Schweiz . . . . . . | 2 565 | 6,2 | 9,3 | - | 1 418 | 412 115 114 | 290 502 | 1 434 | 338 | 1 037 | 5 786 | 2,3 | 7,2 | 40,4 | 8 610 421 | 25 474 | 16,4 |
| Schweden . . . . . | 4 791 | 1,1 | 10,8 | 1875 | 3 540 | 281 927 454 | 79 740 | 3 540 | 408 | 927 | 10 093 | 1,1 | 2,6 | 28,5 | 9 502 734 | 23 291 | 7,3 |
| Russland . . . . . | 20 467 | 0,38 | 2,8 | 1874 | 18 719 | 3 960 000 000 | 211 550 | 16 316 | 3 095 | 4 867 | 61 211 | 1,9 | 3,0 | 37,5 | 50 468 032 | 21 576 | 12,8 |
| Uebriges Europa (9) | 22 381 | 1,788 | 3,31 | | 19 731 | 4 967 911 630 | 209 100 | 18 938 | 3 029 | 9 968 | 54 595 | 1,33 | 4,38 | 23,7 | 57 156 816 | 21 832 | 8,6 |
| **Europa** | **153 198** | **1,5** | **4.9** | | **139 988** | **42 907 559 571** | **306 400** | **132 711** | **39 621** | **84 684** | **941 082** | **3.0** | **6.3** | **70.9** | **958 373 920** | **24 737** | **20,9** |
| Kaukasien . . . . | 1 013 | 0,22 | 2,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| Ostindien . . . . . | 11 164 | 0,47 | 0,58 | 1875 | 10 454 | 2 115 818 580 | 202 393 | 10 153 | 1 389 | 4 096 | 23 960 | 1,3 | 3,9 | 23,6 | 28 882 052 | 21 570 | 8,2 |
| Uebriges Asien (5) | 919 | 0,135 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | | |
| **Asien** | **13 096** | **0,03** | **0,16** | | | | | | | | | | | | | | |
| Egypten . . . . . . | 1 763 | 0,22 | 3,30 | | | | | | | | | | | | | | |
| Uebriges Afrika (4) | 1 492 | 1,53 | 3,09 | | | | | | | | | | | | | | |
| **Afrika** | **3 255** | **0,01** | **0,17** | | | | | | | | | | | | | | |
| Vereinigte Staaten | 128 187 | 1,3 | 32,9 | 1875 | 119 490 | 18 632 834 520 | 156 812 | 112 673 | 15 569 | 13 966 | 375 240 | 1,4 | 1,3 | 33,7 | 518 905 618 | 35 261 | 14,7 |
| Canada . . . . . . | 8 425 | 0,92 | 23,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| Brasilien . . . . . | 2 290 | 0,027 | 2,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Argentina . . . . . | 2 240 | 0,11 | 1,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Peru . . . . . . . . | 1 582 | 0,12 | 5,8 | | | | | | | | | | | | | | |
| Chili . . . . . . . . | 1 689 | 0,52 | 8,1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Uebr. Amerika (14) | 2 526 | 0,29 | 2,31 | | | | | | | | | | | | | | |
| **Amerika** | **146 939** | **0,35** | **17,2** | | | | | | | | | | | | | | |
| Victoria . . . . . . | 1 292 | 0,56 | 15,7 | | | | | | | | | | | | | | |
| Neu-Seeland . . . . | 1 137 | 0,42 | 30,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| Uebr. Australien (6) | 2 355 | 0,35 | 23,1 | | | | | | | | | | | | | | |
| **Australien** | **4 784** | **0,05** | **10,6** | | | | | | | | | | | | | | |
| **Totalsumme** | **321 272** | **0,24** | **2,3** | | | | | | | | | | | | | | |

# Betriebsverhältnisse der Eisenbahnen der Erde.

| Frequenz der Eisenbahnen. | | | | | | | Finanzielle Verhältnisse der Eisenbahnen. | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittlere Betriebslänge | Zahl der beförderten Personen | Beförderte Güter. Tausend Tonnen à 1000 Kilogramm | Durchschnittl. Durchfuhr. | | Einnahme | | Bezieht sich auf eine mittlere Betriebslänge von | Brutto-Einnahme. | | Hiervon liefert | | Betriebs-Ausgabe in Procent d. Einnahme | Netto-Einnahme. | | Procent der Anlagekosten | Pro Zugkilometer | |
| | | | Jede Person | Jede Tonne Frachtgut | pro Person und Kilometer | pro Tonne und Kilometer | | Total. Tausend Mark | Pro Kilometer | der Personen-Verkehr | der Güter-Verkehr | | Total. Tausend Mark | Pro Kilometer | | Einnahme | Ausgabe |
| km | | | km | km | Pf. | Pf. | km | | M | pCt. | pCt. | pCt. | | M | | M | M |
| 26 522 | 202 372 930 | 123 068 | 29,7 | 84,1 | 3,97 | 4,96 | 26 546 | 834 326 | 31 429 | 27,5 | 66,7 | 58,8 | 343 749 | 12 949 | 5,1 | 4,43 | 2,60 |
| 16 399 | 41 396 384 | 37 075 | 46,7 | 106,0 | 4,49 | 6,45 | 16 399 | 365 963 | 22 315 | 24,6 | 73,2 | 49,9 | 175 016 | 10 672 | 3,9 | 5,94 | 3,12 |
| 26 819 | 506 975 234 | 203 000 | — | — | — | — | 26 819 | 1 224 740 | 45 679 | 42,0 | 54,3 | 54,1 | 560 323 | 20 951 | 4,4 | 3,50 | 1,91 |
| 18 139 | 116 546 175 | 57 481 | 38,4 | 121,8 | 4,60 | 6,10 | 19 328 | 671 534 | 34 748 | 31,9 | 66,7 | 45,3 | 367 534 | 19 019 | 5,1 | — | — |
| 3 499 | 49 162 965 | 27 225 | — | — | — | — | 3 187 | 98 663 | 30 958 | 31,5 | 66,0 | 64,0 | 35 518 | 11 145 | — | — | — |
| 1 434 | 15 455 138 | 4 001 | 23,2 | 56,8 | 4,27 | 8,0 | 1 434 | 39 110 | 27 272 | 42,5 | 47,5 | 53,9 | 18 003 | 12 554 | 4,2 | 4,49 | 2,42 |
| 3 390 | 6 538 604 | 5 085 | 35,6 | 51,1 | 4,14 | 6,59 | 3 390 | 28 333 | 8 358 | 34,1 | 60,4 | 62,8 | 10 521 | 3 104 | 3,7 | 2,98 | 1,87 |
| 15 065 | 22 809 000 | 24 082 | 121,0 | 218,0 | 4,03 | 4,66 | 17 055 | 423 995 | 24 860 | 29,3 | 62,6 | 62,7 | 157 879 | 9 257 | 4,0 | 5,61 | 3,15 |
| 18 018 | 61 432 462 | 19 731 | — | — | — | — | 18 050 | 267 514 | 13 387 | 46,6 | 50,6 | 58,2 | 120 335 | 5 931 | 2,9 | 2,63 | 1,75 |
| **129 285** | **1 022 688 892** | **500 748** | — | — | — | — | **132 208** | **3 954 178** | **29 910** | **34,2** | **61,8** | **54,8** | **1 788 878** | **13 531** | **4,3** | **3.90** | **2,10** |
| 10 153 | 26 779 437 | 4 388 | 104,6 | 366,7 | 2,16 | 6,03 | 10 153 | 148 243 | 14 600 | 33,2 | 63,5 | 50,8 | 72 957 | 6 185 | 3,4 | 5,13 | 2,60 |
| 95 260 | 167 995 553 | 167 893 | 40,6 | 160,0 | 7,0 | 4,20 | 115 460 | 2 012 262 | 17 525 | 27,6 | 72,4 | 63,1 | 742 025 | 6 463 | 4,1 | 3,15 | 1,28 |

### Vergleichende Zahlen.

Um Ihnen in den Hauptzügen die Möglichkeit eines Vergleiches des Eisenbahnwesens der verschiedenen Länder zu geben, habe ich in der vorstehenden Tabelle I, statistische Zahlen über die Längen- und Betriebsverhältnisse der Eisenbahnen der Erde, eine vergleichende Zusammenstellung der von Stürmer gesammelten Zahlen aufgeführt.

Als interessant ist besonders hervorzuheben, dass in Europa Deutschland Ende 1877 das bedeutendste Eisenbahnnetz = 30303km besass, oder nahezu 1/5 der sämmtlichen in Europa vorhandenen Bahnen. Dem gegenüber besitzen die Vereinigten Staaten ein Eisenbahnsystem, welches nahezu 2/5 sämmtlicher Eisenbahnen der Welt, mehr als 3/4 der Eisenbahnen Europas und über den vierfachen Betrag der Eisenbahnen Deutschlands ausmacht. Während nun auf 100qkm Land in

Belgien . . . . . . . . 12,6km
Grossbritannien . . . . 8,7km
Deutschland . . . . . 5,6km

Eisenbahnen kommen, beträgt diese Zahl in den Vereinigten Staaten nur 1,8km.

Umgekehrt fallen dagegen auf je 10000 Einwohner in

Schweden . . . . . . 10,8km
Grossbritannien . . . . 8,1km
Deutschland . . . . . 7,1km
den Vereinigten Staaten . 32,9km

Eisenbahnen.

Das Anlagecapital betrug 1875 pro Kilometer Bahn in

Grossbritannien . . 470105 ℳ
Frankreich . . . . 368890 „
Deutschland . . . 256450 „ ,

dagegen in den Vereinigten Staaten trotz der vielfach vorgekommenen unregelmässigen Verwendung der Gelder nur 156812 ℳ.

Aus den Transportmitteln ist als interessant hervorzuheben, dass die Anzahl der Locomotiven in den Vereinigten Staaten sich zu der von ganz Europa wie 15 zu 39, während das Eisenbahnnetz wie 12,8 zu 15,3 sich verhält.

Aus den Betriebszahlen ist besonders zu erwähnen, dass auf jede Locomotive durchschnittlich an zurückgelegten Nutz-Kilometer pro Jahr in

Frankreich . . . . . . 37681km
Grossbritannien . . . 27120km
Deutschland . . . . 19052km
den Vereinigten Staaten 35261km kommen.

Aus der Personenfrequenz mag angeführt werden, dass eine Person durchschnittlich in

Deutschland . . . . . . 29,7km
den Vereinigten Staaten . 40,6km

fährt, und ferner, dass auf die Tonne Frachtgut in Deutschland eine durchfahrene Strecke von durchschnittlich 84,1km, in den Vereinigten Staaten dagegen von 160,0km kommt.

Nach obiger Tabelle stellt sich ferner das Verhältniss der Betriebsausgaben in Procent der Einnahmen:

in Grossbritannien . . . auf 54,1 pCt.
„ Deutschland . . . . „ 58,8 „
„ den Vereinigten Staaten „ 63,1 „

Die Entwickelung des amerikanischen Eisenbahnwesens ist aus den in Tabelle II und III aufgestellten Zahlen ersichtlich.

**Tabelle II.**

| Jahr | Kilometer im Betrieb | Jährliche Zunahme | Jahr | Kilometer im Betrieb | Jährliche Zunahme |
|---|---|---|---|---|---|
| 1830 | 35 | ... | 1855 | 29 564 | 2 662 |
| 1831 | 153 | 118 | 1856 | 35 424 | 5 860 |
| 1832 | 368 | 215 | 1857 | 39 425 | 4 001 |
| 1833 | 611 | 243 | 1858 | 43 392 | 3 967 |
| 1834 | 1 018 | 407 | 1859 | 46 322 | 2 930 |
| 1835 | 1 767 | 749 | 1860 | 49 092 | 2 970 |
| 1836 | 2 045 | 278 | 1861 | 50 339 | 1 047 |
| 1837 | 2 409 | 364 | 1862 | 51 681 | 1 342 |
| 1838 | 3 078 | 669 | 1863 | 53 370 | 1 689 |
| 1839 | 3 704 | 626 | 1864 | 54 558 | 1 188 |
| 1840 | 4 534 | 830 | 1865 | 56 452 | 1 894 |
| 1841 | 5 688 | 1154 | 1866 | 59 213 | 2 761 |
| 1842 | 6 478 | 790 | 1867 | 63 153 | 3 940 |
| 1843 | 6 734 | 255 | 1868 | 67 946 | 4 793 |
| 1844 | 7 043 | 309 | 1869 | 75 372 | 7 426 |
| 1845 | 7 454 | 411 | 1870 | 85 139 | 9 767 |
| 1846 | 7 932 | 478 | 1871 | 97 380 | 12 241 |
| 1847 | 9 007 | 1075 | 1872 | 106 583 | 9 203 |
| 1848 | 9 648 | 641 | 1873 | 113 130 | 6 547 |
| 1849 | 11 850 | 2202 | 1874 | 116 839 | 3 709 |
| 1850 | 14 515 | 2665 | 1875 | 119 668 | 2 829 |
| 1851 | 17 670 | 3155 | 1876 | 123 943 | 4 275 |
| 1852 | 20 769 | 3099 | 1877 | 127 446 | 3 503 |
| 1853 | 24 714 | 3945 | 1878 | 131 771 | 4 325 |
| 1854 | 26 902 | 2188 | | | |

**Tabelle III. Entwickelung der Finanzverhältnisse der in Spalte A aufgeführten Eisenbahnen.**

| Jahr | Kilometer im Betrieb A | Capital und eingetragene Schuld in Mark | Einnahme in Mark | | | | Bezahlte Dividende in Mark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Brutto | Netto | von der Fracht | von den Passagieren | |
| 1877 | 119 216 | 18 274 388 992 | 1 891 637 088 | 683 906 788 | 1 371 436 888 | 520 200 200 | 234 225 248 |
| 1876 | 118 274 | 17 874 367 740 | 1 989 031 836 | 745 811 008 | 1 444 549 504 | 544 482 332 | 272 156 672 |
| 1875 | 115 450 | 17 662 526 520 | 2 012 262 020 | 742 025 752 | 1 455 840 936 | 556 421 084 | 305 176 832 |
| 1874 | 111 460 | 16 887 054 376 | 2 081 864 064 | 758 283 832 | 1 517 867 740 | 563 996 324 | 268 171 768 |
| 1873 | 106 575 | 15 138 172 136 | 2 105 679 740 | 735 242 248 | 1 556 142 032 | 553 586 908 | 268 432 836 |
| 1872 | 92 233 | 12 637 692 228 | 1 860 964 220 | 663 017 492 | 1 363 727 040 | 529 237 080 | 257 672 628 |
| 1871 | 71 784 | 10 658 710 580 | 1 613 316 832 | 566 985 616 | 1 177 721 288 | 435 595 544 | 225 826 724 |

Nach dem Beginne des Eisenbahnbaues im Jahre 1830 entwickelte sich das Eisenbahnwesen bis 1848 in gleichmässiger und ruhiger Weise, so dass eine jährliche Vermehrung von 300 bis 800$^{km}$ Bahnlänge eintrat. Von da ab stieg die Vermehrung um jährlich 2000 bis 5000$^{km}$, steigerte sich von dem Jahre 1869 ab wesentlich und stieg im Jahre 1871 auf ihren Höhepunkt um eine jährliche Zunahme von 12241$^{km}$. Entsprechend der allgemeinen Krisis ging der Bahnbau von diesem Jahre ab rasch zurück, und es hat in den letzten Jahren die Vermehrung durchschnittlich 3000 bis 4000$^{km}$ betragen.

Bei den eigenthümlichen Verhältnissen des Gebietes der Union ist es natürlich, dass die einzelnen Theile dieses grossen Staates bezüglich ihres Reichthums an Bahnen sich sehr unter einander unterscheiden. Die Tabelle IV giebt dieses Verhältniss bezüglich der grossen Staatsgruppen an, besonders interessant sind die Zahlen der letzten Spalte über die Vertheilung der Bahn pro 100 Quadratkilometer Land und pro 10000 Einwohner.

**Tabelle IV. Vertheilung der Bahnen auf die fünf Staatengruppen der Union Ende 1877.**

| Staaten und Gebiete | Länge in Kilometer | | Maschinen | Passagierwagen | G., P. u. E. wagen | Frachtwagen | Actiencapital | Eingetragene Schuld | Andere Schulden | Gänzlicher Betrag |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nebenbahn | Anzahl | Anzahl | Anzahl | Anzahl | ℳ | ℳ | ℳ | ℳ |
| **Neu-England** . . . . . . . | 9 252 | 3 129 | 1 611 | 2 210 | 599 | 29 804 | 837 610 701 | 447 677 688 | 86 928 860 | 1 372 217 252 |
| **Mittlere Staaten** . . . . . | 23 265 | 13 325 | 5 322 | 4 744 | 1 100 | 183 240 | 2 824 812 780 | 2 811 023 352 | 257 928 276 | 7 893 764 388 |
| **Süd-Staaten** . . . . . . . | 22 114 | 1 749 | 1 798 | 1 105 | 490 | 24 356 | 1 055 394 288 | 889 980 792 | 103 115 892 | 2 048 490 972 |
| **West- u. Südwest-Staaten** | 65 555 | 10 051 | 6 533 | 3 314 | 1 528 | 140 913 | 3 898 199 284 | 3 998 080 820 | 408 918 148 | 8 305 198 252 |
| **Pacific-Staaten** . . . . . . | 3 646 | 356 | 261 | 320 | 57 | 5 837 | 272 946 136 | 231 379 200 | 43 132 610 | 647 457 976 |
| **Summa** | 123 832 | 28 610 | 15 525 | 11 693 | 3 774 | 384 150 | 8 888 963 192 | 8 378 061 832 | 900 023 816 | 18 167 048 840 |
| **Pacific-Eisenbahnen** . . . | 3 614 | 448 | 396 | 360 | 80 | 8 025 | 364 151 200 | 643 212 768 | 50 395 280 | 1 057 759 248 |
| **U n i o n** | **127 446** | **29 058** | **15 911** | **12 053** | **3 854** | **392 175** | **9 253 114 392** | **9 021 274 600** | **950 419 096** | **19 224 808 088** |

| Staaten und Gebiete | Kosten der Eisenbahnen und Ausstattung | Eisenbahnen im Betrieb | Brutto-Einnahmen | Betriebs-Ausgaben | Netto-Einnahmen | Zinsen für Bonds | Dividenden auf Action bezahlt | Es kommen auf 1000$^{km}$ Land Kilometer Eisenbahnen | Es kommen auf 10000 Einwohner Kilometer Eisenbahnen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ℳ | km | ℳ | ℳ | ℳ | ℳ | ℳ | | |
| **Neu-England** . . . . . . . | 1 252 932 740 | 11 716 | 178 361 860 | 123 418 876 | 54 942 984 | 21 705 572 | 27 910 904 | 5,30 | 26,70 |
| **Mittlere Staaten** . . . . . | 4 338 600 220 | 21 569 | 618 912 364 | 376 126 064 | 242 786 300 | 147 935 828 | 98 936 928 | 6,75 | 23,00 |
| **Süd-Staaten** . . . . . . . | 1 936 913 320 | 15 326 | 161 796 784 | 110 675 128 | 55 121 656 | 25 189 220 | 11 028 612 | 1,07 | 20,38 |
| **West- u. Südwest-Staaten** | 7 627 487 808 | 62 969 | 772 818 064 | 508 477 092 | 264 340 972 | 159 019 184 | 58 225 848 | 2,40 | 50,00 |
| **Pacific-Staaten** . . . . . . | 506 799 500 | 3 052 | 31 067 688 | 20 447 140 | 10 620 548 | 13 710 572 | 996 396 | 0,29 | 50,30 |
| **Summa** | 15 662 733 588 | 115 632 | 1 762 956 760 | 1 139 144 300 | 623 812 460 | 367 560 376 | 205 098 688 | | |
| **Pacific-Eisenbahnen** . . . | 1 058 033 320 | 3 614 | 128 680 328 | 68 586 000 | 60 094 328 | 27 723 332 | 29 126 560 | | |
| **U n i o n** | **16 720 766 908** | **119 246** | **1 891 657 088** | **1 207 730 300** | **683 906 788** | **395 283 708** | **234 225 248** | | |

Hierin rechnen zu New-England die Staaten: Maine, New-Hampshire, Vermont, Massachusetts, Rhode Island und Connecticut; zu den mittleren die Staaten: New-York, New-Jersey, Pennsylvanien, Delaware, Maryland mit D. C. und West-Virginia; zu den Südstaaten: Virginia, Kentucky, Nord-Carolina, Tennessee, Süd-Carolina, Georgia, Florida, Alabama, Mississippi und Louisiana; zu den Weststaaten: Ohio, Michigan, Indiana, Illinois, Wisconsin, Minnesota, Dacota Territory, Iowa, Missouri, Indian Co., Arkansas, Texas, Nebraska, Kansas, Colorado, Wyoming Territory und Utah Territory; endlich zu den Pacific-Staaten: Nevada, Californien, Oregon und Washington Territory.

### Canäle.

Im Anschluss an diese allgemeinen Zahlen will ich kurz die hauptsächlichsten künstlichen Wasserstrassen anführen.

Es befanden sich bis zum Jahre 1876, 9500$^{km}$ Canäle mit einem Anlagecapital von 602 Millionen Mark theils als Privat- theils als Staatsbauten in den Vereinigten Staaten vor. Im Ganzen sind drei Hauptcanalsysteme zu unterscheiden und zwar:

1) Das Canalsystem im Staate New-York. Dasselbe bildet in seinem Hauptcanal, dem sich sechs Zweigcanäle anschliessen, die Verbindung des Erie-Sees bei Buffalo mit dem Hudsonfluss bei Albany. Er hat eine Länge von 1554$^{km}$ und ist auf Staatskosten erbaut. Durch dieses Canalsystem ist der ausserordentlich wichtige Handelsplatz Chicago in directe Verbindung mit New-York durch eine Wasserstrasse von 2295$^{km}$ Länge gebracht.

Neben diesem System ist aus dem nordöstlichen Theile dieses Gebietes noch der Welland-Canal zu erwähnen, welcher den Erie-See durch Umgehung des Niagara-Falles mit dem Ontario-See verbindet. Durch diesen Canal wird eine durchgehende Wasserstrasse von dem westlichen Theile des Oberen Sees bei Duluth bis

zu den Küsten von Labrador in einer Länge von 4088,5km gebildet.

2) Das Canalsystem der Oststaaten, welches als Privatanlage in 13 Canälen die hauptsächlichsten Industriebezirke Pennsylvaniens mit den schiffbaren Flüssen und Küsten in einer Länge von 1260km in Verbindung bringt. In der Hauptsache dient dieses System dem Anthracithandel.

3) In dem mittleren Theile der Vereinigten Staaten, in dem Becken des Mississippi, befindet sich ein System von Canälen, welches den Erie- und Michigan-See mit dem Mississippi und seinen Nebenflüssen, dem Ohio und Illinois, verbindet. Dasselbe ist theils aus Staats-, theils aus Privatmitteln gebaut und besteht aus den folgenden vier Hauptcanälen:

a) dem Canal, welcher von Cleveland am Erie-See nach Portsmouth am oberem Ohio läuft und mit einem Kostenaufwande von 21½ Millionen Mark in einer Länge von 495km ausgeführt ist;

b) dem Canal, der von Toledo, dem westlichen Ende des Erie-Sees nach Cincinnati am mittleren Ohio läuft und in einer Länge von 286,5km mit einem Kostenaufwande von 16¼ Millionen Mark ausgeführt ist;

c) dem Canal, der von Toledo am Erie-See nach Evansville am unteren Ohio in einer Länge von 300km geht. Dieser Canal ist indessen infolge verschiedener Manipulationen der durch ihn beeinträchtigten Eisenbahnen ausser Betrieb gesetzt und theilweise zugeschüttet worden;

d) dem Canal, der von Chicago nach La Salle am Illinois läuft und so in einer Länge von 154,5km mit einem Kostenaufwande von 26½ Millionen Mark eine directe Wasserstrasse sowol zwischen dem Michigan-See und dem Mississippi, als auch dem Golf von Mexiko herstellt.

Wenn bei diesem grossartigen künstlichen Wasserstrassensystem die vorhandenen natürlichen ausserordentlich bedeutenden Wasserlinien mit in Betracht gezogen werden, so finden wir ein System von Wasserstrassen so bedeutend und so zweckmässig angelegt, wie es bis jetzt noch in keinem Theile der Welt in ähnlicher Weise vorkommt. Die Küsten von Labrador sind durch den Lorenzstrom, den Welland-Canal, die oberen Seen und durch vier verschiedene Wasserstrassen mit dem Mississippi und demnach auch mit dem Golf von Mexiko in Verbindung gebracht. Von diesen Hauptlinien gehen nach allen Richtungen hin nach den bedeutendsten Bezirken der Industrie und der Massenproduction Zweigstrassen ab, welche den Hauptlinien die Transportmengen zuführen.

Ohne in die Details einzugehen, kann ich die eine Thatsache nicht unerwähnt lassen, dass im Jahre 1876 der Kohlentransport, welcher von Pittsburg auf der östlichen Seite des Alleghany-Gebirges in einer Länge von 425 deutschen Meilen den Ohio und Mississippi hinunter nach New-Orleans ging, pro 100 Pfd. Kohlen einschl. der Rückfracht der Kähne 20 Pfg. Fracht kostete. Dieser Transport, bei welchem bis zu acht Kähne zusammengekuppelt wurden, stieg bis zu einem Quantum von 71000 Ctr. Kohlen, das von einem Dampfer transportirt wurde.

### Art und Eigenthumsverhältnisse der Bahnen.

Ende 1877 bestanden in den Vereinigten Staaten 809 Eisenbahngesellschaften. Unter diesen Gesellschaften darf man sich indessen nicht nur solche Eisenbahngesellschaften vorstellen, wie sie in geregelter Weise in Europa existiren. Es sind dies nur theilweise ähnliche Gesellschaften, welche, wie wir gewohnt sind, ganze Eisenbahnlinien als ihr Eigenthum gebaut haben und im Betriebe besitzen. Andere dagegen haben nur Eisenbahnen gebaut und die Strecken verpachtet. Andere wieder haben nur einzelne Theile von Eisenbahnen, wie Brücken und Bahnhöfe gebaut und solche an Eisenbahngesellschaften zum Betriebe verpachtet. Wieder andere Gesellschaften besitzen gar keine Eisenbahnen, sondern haben nur den Betrieb derselben gepachtet. So ist beispielsweise die Brücke in St. Louis, welche die sieben auf der Westseite des Mississippi mit den vier auf der Ostseite mündenden Bahnen verbindet, Eigenthum einer besonderen Gesellschaft. Ebenso ist wieder der Hauptbahnhof in St. Louis, welcher von elf Bahnen benutzt wird, Eigenthum einer besonderen Gesellschaft und gegen einen Miethzins von 10 pCt. des Anlagecapitals an diese Gesellschaften verpachtet. Zugleich ist die Verbindung zwischen diesem Bahnhof und der Brücke über den Mississippi wiederum Eigenthum einer besonderen Gesellschaft. Aehnliche Verhältnisse befinden sich in Indianopolis und Kansas City.

Es kommt indessen selten vor, dass Bahnhöfe gemeinschaftlich benutzt werden, wie dies bei uns häufig der Fall ist. Eine Ausnahme davon bildet der in New-York in der 42. Strasse vollständig nach europäischem Muster erbaute Hauptbahnhof, welcher von den dort einmündenden vier Bahnen angelegt und verwaltet wird. Eine gemeinschaftliche Benutzung der Strecken findet man ebenso selten und nur dann, wenn das gemeinschaftliche Interesse mehrerer Bahnen es erforderlich macht, um einer übermächtigen Concurrenz die Spitze zu bieten.

Von denjenigen Gesellschaften, welche sich lediglich mit dem Betriebe der Bahnen befassen, sind ausser denen, welche den Gesammtbahnbetrieb aufnehmen, die Transportgesellschaften für Frachtgüter im Allgemeinen, die Transportgesellschaften für Stückgüter und die Salon- und Schlafwagen-Gesellschaften besonders bemerkenswerth. Wir werden im Weiteren hierauf besonders zurückkommen.

### Verhältniss zur Post.

Der Grundsatz: „Leistung gegen Gegenleistung" ist zwar im Allgemeinen massgebend, indessen geniesst die Post, welche in hohem Ansehen steht, doch ausserordentlich grosse Begünstigungen. Die früheren Bestimmungen setzten für den geringsten täglichen Transport eine Entschädigung von 160 ℳ pro Meile und

Jahr und für den grössten täglichen Transport eine solche von 1500 ℳ pro Meile und Jahr fest. Nach mannigfachen Aenderungen bezahlt die Post heute bei einem täglichen Maximal-Transportquantum von 200 Pfd. pro Meile und Jahr 200 ℳ, und diese Entschädigung steigt bis zu einem täglichen Transportquantum von 5000 Pfd. auf 800 ℳ pro Meile und Jahr; für je 2000 Pfd. mehr werden 100 ℳ pro Meile und Jahr mehr gegeben. Ausserdem erhalten die Bahnen, falls die Stellung besonderer Postwagen von ihnen verlangt wird, einen Zuschlag von 100 bis 200 ℳ je nach der Grösse des Wagens.

### Verhältniss der Bahnen unter einander.

Eine Vereinigung der Bahnen, wie wir sie in Deutschland in den verschiedenen Vereinen und in bestimmten Transportrichtungen gewohnt sind, fehlt bei den Bahnen der Vereingten Staaten vollständig. Sie wird theilweise, wie wir weiter unten sehen werden, ersetzt durch die Transportgesellschaften.

Die einzig bestehende Vereinigung die „Nationale Vereinigung der Passagier- und Billet-Verwalter“ hat den Zweck, die Billetausgaben und die Festsetzung der Preise für grössere directe Routen im Personenverkehr zu regeln.

Erst neuerdings hat man angefangen, einen Versuch zu einer Vereinigung in Form eines Eisenbahnschiedsgerichts mit dem Sitz in New-York zu machen, um eine Verminderung der die Bahnen gegenseitig ruinirenden heftigen Concurrenz im Transport nach den Ostplätzen herbeizuführen.

### Allgemeine Betriebsergebnisse.

Zu den in den Tabellen I und II schon enthaltenen Zahlen der Betriebsresultate möchte ich bezüglich der von den nordamerikanischen Bahnen erreichten Erträgnisse erwähnen, dass im Jahre 1876 die Eisenbahnen der folgenden Staaten keine Dividende bezahlt haben: Vermont, Kansas, Nebraska, Missouri, Dacota, Colorado, Süd-Carolina, Florida, Alabama, Mississippi, Louisiana, Texas, Arkansas, California, Oregon, Nevada, Washington.

Im Ganzen haben pro 1876 von 810 Eisenbahngesellschaften gezahlt

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 pCt. | Dividende | 626 Bahnen | = 77,28 pCt. | aller vorh. | |
| 0 bis 3 „ | „ | 13 „ | = 1,60 „ | [Bahnen | |
| 3 „ 6 „ | „ | 72 „ | = 8,89 „ | „ | |
| 6 „ 10 „ | „ | 92 „ | = 11,36 „ | „ | |
| 10 „ 15 „ | „ | 2 „ | = 0,25 „ | „ | |
| 20 „ | „ | 3 „ | = 0,37 „ | „ | |
| 25 „ | „ | 1 „ | = 0,12 „ | „ | |
| 40 „ | „ | 1 „ | = 0,12 „ | „ | |

1877 haben keine Dividende gezahlt die Eisenbahnen der folgenden 13 Staaten: Arkansas, Florida, Colorado, Kansas, Louisiana, Mississippi, Missouri, Nebraska, Oregon, Texas, Vermont, Iowa, Minnesota.

Für dieses Jahr sind von 3 340 155 584 ℳ Actiencapital Dividenden bezahlt worden und betragen diese im Durchschnitt 7 pCt.

Ende 1875 waren 197 Eisenbahngesellschaften in Concurs, und es betrug die Totalsumme der unsicheren Werthe dieser Eisenbahnpapiere 39 pCt. des gesammten bis dahin angelegten Capitals. In den Monaten April, Mai und Juni d. J. fanden sich in den öffentlichen Blättern 21 Termine zu Zwangsverkäufen von Eisenbahnen vor.

### Sicherheit des Betriebes.

Die folgenden Zahlen geben eine Uebersicht von den in den Jahren 1873/78 vorgekommenen Unfällen an Eisenbahnzügen:

| | 1873 | 1874 | 1875 | 1876 | 1877 | 1878 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl der Unfälle | 1228 | 980 | 1201 | 982 | 891 | 740 |
| Tödtungen . . . | 276 | 204 | 234 | 328 | 214 | 204 |
| Verletzungen . . | 1172 | 778 | 1107 | 1099 | 1044 | 756 |

Aus derselben ist zu ersehen, dass die Zahl der Unfälle sich erfreulicher Weise vermindert hat. Zum Jahre 1878 ist zu bemerken, dass ungefähr der vierte Theil sämmtlicher Tödtungen und Verletzungen auf drei einzelne Unfälle zurückzuführen ist.

Dieselben bestanden in:

| | Tödtungen | Verletzungen |
|---|---|---|
| 1) dem Brückeneinsturz zu Tariffville | 13 | 46 |
| 2) „ Mingo Junction-Zusammenstoss | 18 | 40 |
| 3) falsche Weichenstellung . . . | 21 | 126 |
| zusammen | 52 | 212 |

Interessant ist die Bemerkung, dass, ebenso wie der Brückeneinsturz zu Tariffville, der ja noch Vielen in Erinnerung stehende Brückeneinsturz zu Actabula im Laufe des Monats Januar 1877, also während der grössten Kälte stattfand.

Ausdrücklich hervorgehoben muss indessen werden, dass die sehr mannigfaltigen Verletzungen von Personen, bei denen die Eisenbahnzüge an sich verschont blieben, hier nicht aufgeführt sind, und dass überhaupt eine genaue Statistik der Unfälle bei der Eigenthümlichkeit der amerikanischen Verhältnisse sehr schwer zu erhalten sein wird.

### Beschreibung einzelner Bahnen.

Um eine Vorstellung von der Ausdehnung, den Betriebsmaterialien und den Geldverhältnissen der amerikanischen Bahnen zu geben, führe ich im Folgenden einige Zahlen einzelner Bahnen an.

Die Pennsylvania-Eisenbahngesellschaft, welche die Verbindung zwischen New-York und Philadelphia und dem Inneren von Pennsylvanien bis nach Pittsburg, sowie die Verbindung der Ostküste bis nach dem Erie-See herstellt, hat eine Linie von 2866,4 km Länge. Davon sind 789,6 km doppelgleisig. Neben dieser Strecke ist theils unter ihrer Controle, theils unter ihrer Beeinflussung durch den grössten Theil des Actienbesitzes noch eine Anzahl von Bahnen mit im Ganzen von 4831,50 engl. Meilen = 7773,88 km und 655 km Canäle. In Allem beeinflusst diese mächtige Gesellschaft also ein Netz von 10 640,28 km Eisenbahnen und 655 km Canäle.

Die Linie dieser Bahn hat eine Spurweite von 4 Fuss 9 Zoll engl. Die angewandten Schienen wiegen 56 bis 67 Pfd. pro 3 Fuss engl. An Fahrmaterialien

auf der eigenen Strecke besitzt die Bahngesellschaft 938 Locomotiven, 596 Personen-Dienstwagen, 13714 Güterwagen und 929 Dienstwagen. Hierzu kamen im Jahre 1876 noch 12170 Güter- und Kohlenwagen, welche auf der Linie liefen, ohne Eigenthum der Gesellschaft zu sein.

Auf den Hauptstrecken der Bahn durchliefen 1877 die

| | |
|---|---|
| Passagierzüge . . | 4761839$^{km}$ |
| Güterzüge . . . . | 18188466$^{km}$ |
| Diverse . . . . . | 735202$^{km}$ |
| zusammen | 23685507$^{km}$. |

Es wurden 5129931 Passagiere oder auf ein Kilometer reducirt 230234015 Passagiere transportirt.

An Gütern verkehrten im durchgehenden Verkehr

| | |
|---|---|
| 1030817$^{t}$ | ostwärts |
| 297973$^{t}$ | westwärts |
| zusammen 1328790$^{t}$ | |

und im localen Verkehr

| | |
|---|---|
| 6009834$^{t}$ | ostwärts |
| 2556067$^{t}$ | westwärts |
| zusammen 8565901$^{t}$ | |

oder im durchgehenden und localen Verkehr 9894692$^{t}$ (einschl. 5033451$^{t}$ Kohlen) oder auf ein Kilometer reducirt: 2443756690$^{t}$.

Die Einnahmen und Ausgaben der Hauptlinie von 2866,4$^{km}$ stellen sich pro Jahr 1877 folgendermassen:

| Einnahmen. | | Ausgaben. | |
|---|---|---|---|
| Gütertransport . . | 84 597 556 *M* | Transportpersonal | 29 530 480 *M* |
| I. Classe Passag. | 29 056 560 „ | Zugkraft . . . . . | 20 334 548 „ |
| Emigranten . . . . | 704 356 „ | Fahrparkunterhaltung . . . . | 6 707 052 „ |
| Expresstransport . | 2 262 080 „ | Bahnunterhalt . . | 15 970 536 „ |
| Post . . . . . . . . | 1 846 204 „ | Allgem. Ausgaben | 1 660 824 „ |
| Diverse . . . . . . | 2 415 548 „ | Canalausgaben . . | 1 910 428 „ |
| Canäle . . . . . . | 3 586 280 „ | | |
| | 124 468 584 *M* | | 76 113 868 *M* |

| | |
|---|---|
| Netto-Einnahmen im Betriebe . | 48354712 *M* |
| Davon diverse Zinsen und Renten | 7617044 „ |
| Reine Netto-Einnahmen | 40737668 *M*. |

Die Betriebsausgaben betrugen demnach 61,1 pCt. der Brutto-Einnahmen.

Die Gesellschaft hatte ein Actiencapital von 275480936 *M*. Eingetragene Schulden und Lasten 244413788 *M*.

Die Union Pacific-Bahn, deren Linie die Verbindung der Pacificbahn von Omaha nach Ogden in einer Länge von 1676,5$^{km}$ herstellt, besitzt einen Fahrpark von 168 Locomotiven, 1281 Personenwagen, 3276 Frachtwagen, 41 Gepäck- und Postwagen und 400 Dienstwagen.

Die Linie hat einen bedeutenden Kohlengrubenbesitz und verkaufte beispielsweise im Jahre 1877 94380$^{t}$ Kohlen.

Das Anlagecapital der Bahn betrug

| | |
|---|---|
| an ausgegebenen Actien . | 147049200 *M* |
| „ Schulden . . . . . | 203304000 „ |
| „ Staatsvorschuss . . | 108946048 „ |
| „ eingetragenen Schulden | 52544000 „ |
| | 511843248 *M*. |

Die an diese Linie anschliessende Bahn von Ogden nach St. Francisko, die Central-Pacificbahn, hat eine Länge von 1951,2$^{km}$. Unter ihrem Fahrpark befinden sich 9 Locomotiven mit Schneepflügen, welche lediglich zur Freihaltung der Bahn dienen, ferner 23 Dampfer.

Das Anlagecapital dieser Bahn beträgt

| | |
|---|---|
| an Actien . . . . . | 217102000 *M* |
| „ eingetragenen Schulden | 223540000 „ |
| „ Staatsvorschuss . . | 111422720 „ |
| | 552064720 *M*. |

Die ausgegebenen Beträge für bauliche Einrichtungen betragen 546337748 *M*.

Beide Pacificbahnen haben, wie schon oben erwähnt, ganz bedeutende Schenkungen an Land seitens der Regierung erhalten. Dieselben betrugen im Ganzen etwa 22720000 Acres. Die Grösse dieser Fläche würde also einem bedeutenden Theile des Königreiches Preussen gleichkommen.

Die Union Pacificbahn hatte bis zum Jahre 1877 von dem ihr geschenkten Lande 1318279 Acres Land verkauft und dafür einen Betrag von 22866226 *M* erlöst.

Um einen Vergleich mit diesen Bahnen zu haben, führe ich die folgenden deutschen Bahnen in den entsprechenden Zahlen Ende 1877 auf:

| | Länge km | Stamm-Actien *M* | Priorit.-Actien *M* | Priorit.-Oblig. *M* | Gesammtcapital *M* |
|---|---|---|---|---|---|
| Königl. Ostbahn | 1490 | — | — | — | 342042224 |
| Berg.-Märk. Bahn Staatsverwaltung | 1248 | 210000000 | — | 403780500 | 613780500 |
| Köln-Mind. Bahn Privat | 1064 | 117000000 | — | 350323500 | 467323500 |
| Rhein.Eisenb.-Ges. | 962 | 214552500 | 4447500 | 192600000 | 411600000 |

### Allgemeine Organisation der Bahnen.

Die nordamerikanischen Bahnen sind in ihrer Organisation und den leitenden Grundzügen den englischen Bahnen im Allgemeinen nachgebildet.

Bei den grösseren Bahnen steht der Präsident als Vorsitzender des Aufsichtsrathes an der Spitze. Direct unter dem Aufsichtsrath stehen:

1) der Generalanwalt mit den entsprechenden Notaren und Advokaten;

2) die Verwaltung des Grundeigenthums;

3) die Verkehrsverwaltung;

4) die allgemeine Controlverwaltung. Dieser ist der Hauptcontroleur mit den Specialcontroleuren für Gütereinnahmen, Personeneinnahmen und Ausgaben unterstellt;

5) die Finanzverwaltung. Derselben ist der Hauptcassenführer mit seinen Assistenten und den Cassirern unterstellt.

Den ausgedehntesten Theil bildet die Verkehrsverwaltung. Dieselbe besteht aus:

a) Dem General-Hauptagent für den Güterverkehr, dem wieder die Güteragenten für die einzelnen Bahn-

abtheilungen und der Güteragent für den Güterverkehr auf fremden Bahnen unterstellt sind;

b) dem General-Hauptagent für den Personenverkehr, dem ein Assistent für den Personenverkehr, ein Generalagent für Personengepäck und die General-Billetagenten unterstellt sind;

c) dem Betriebsdirector; diesem sind die General-Superintendenten der Haupt-Bahnabtheilungen unterstellt. Letztere stehen wiederum je über den Maschinenmeistern, den Vorstehern des technischen Büreaus und den Bau- und Betriebsinspectoren mit ihren Eisenbahnbaumeistern.

Allgemeine Norm fehlt selbstverständlich. Obige Eintheilung gilt für die grösseren Bahnen wie Pennsylvania-Railroad u. s. w. Die Organisation ändert sich nach den Bedürfnissen und der Ausdehnung der Gesellschaft. Im Allgemeinen wird, soweit es das Interesse der Gesellschaft zulässt, eine scharfe Trennung der Geschäfte durchgeführt. Die einzelnen Beamten haben weitgehende Selbständigkeit, aber es werden grosse Ansprüche an ihre Leistungen und ihre Verantwortlichkeit gemacht. Die Leistungen der Unterbeamten werden sowol durch Erweckung des Ehrgeizes, als durch hohe Prämien ausserordentlich gesteigert.

Als Charakteristik der Verwaltung einer grösseren Bahn (Pennsylvania-Railroad) giebt Bartels das Folgende an:

1) Bildung eines durchgehenden Bahnsystems zwischen zwei wichtigen Verkehrscentren zur Sicherung des durchgehenden und localen Verkehrs und zur wirksamen Bekämpfung der Concurrenzlinien.

2) Fortfall jeder collegialischen Verwaltungsform für die Executive. Nur ein Aufsichtsrath als Collegium ganz ausserhalb der Executivverwaltung.

3) Absolut persönliche Vertretung eines jeden Dienstkreises nur durch eine einzige Person.

4) Scharfe und durchgehende Trennung der Control-, Finanz- und Verkehrsverwaltung. Trennung der letzteren (ausserhalb der Centralstelle) in betriebstechnischen und commerziellen Verkehrsdienst, welcher, wie auch die Einnahmen, nach dem Güter- und Personenverkehr getheilt wird.

5) Wo eine Trennung in locale Bezirke stattfindet, hört mit dem Bezirk auch die Macht und jeder Dienst des Bezirkschefs und seines Personals u. s. w. auf.

6) Vereinigung des Betriebs-, Verkehrs- und Tarifwesens bei einer leitenden Person der Centralstelle.

7) Vereinigung des Unterhaltungs-, Betriebs- und Betriebsmaschinendienstes in einer Hand bei jeder Dienststelle, vom Betriebsdirector abwärts bis zum Divisionssuperintendenten.

8) Centralisation der Gesammtleitung, der Repräsentation, der Beamtenanstellung, Contractabschlüsse u. s. w. bei dem Präsidenten. Centralisation der Finanzverwaltung, der Controlverwaltung, der Auszahlung und der Rechnungslegung in die Centralstelle. Centralisation des Maschinen-, Reparatur- und Neubaues in die Centralwerkstätte.

9) Volle Selbständigkeit und Freiheit der Inhaber der einzelnen Dienstzweige bei Lösung der gestellten Aufgabe und volle Verantwortung gemäss den erzielten Resultaten.

10) Anstellung eines bedeutenden und weitverzweigten Personals für die commerziellen Interessen der Gesellschaft mit dem Zwecke, Geschäftsverbindungen anzuknüpfen und Fühlung mit den Bedürfnissen des Publicums, der Industrie und des Handels zu behalten (Agenturen).

11) Geringe Zahl von Ober- und Unterbeamten.

12) Schneller und klarer Geschäftsgang durch möglichste Erledigung aller Angelegenheiten auf dem Wege mündlicher Verhandlung seitens der zuständigen Beamten, bezw. an Ort und Stelle durch möglichste Beschränkung des Schreibwerkes und durch ausgedehnte Benutzung der Telegraphen.

13) Ausserordentliche Sorgfalt für die Bahnunterhaltung und jährlich einmalige und gemeinschaftliche Revisionsfahrt mit allen bei der Unterhaltung betheiligten Beamten des Bahngebietes.

14) Anstellung aller Beamten auf jederzeitige gegenseitige Kündigung, ohne Pensionirung; daher im Allgemeinen hohe Löhne und Gehälter besonders für die höheren Stellen.

15) Ausbildung der wissenschaftlich gebildeten technischen Beamten mit besonderer Berücksichtigung auf die Erlernung des praktischen Dienstes von unten auf; Ausbildung der Bau-Ingenieure auch im Locomotivdienst, der Maschinen-Ingenieure auch im Bahnbau und Betriebsdienst.

16) Ausbildung der übrigen Eisenbahnbeamten durch praktische Beschäftigung in den Hauptdienstzweigen, von der untersten Stelle beginnend.

### Bauliche Einrichtungen.

Die baulichen Einrichtungen der amerikanischen Bahnen entsprechen lediglich dem ersten Zweck und den vorhandenen Mitteln, welche zum Bau der Bahnen theilweise auch nur zum Beginn des Bahnbaues vorhanden waren. Sie unterscheiden sich auch heute noch ganz wesentlich nach dem Culturzustande derjenigen Gegenden, welche von der Bahn durchlaufen werden. Die von den meisten Bahnen angenommene Spurweite beträgt 4 Fuss 8 Zoll engl. Für secundäre Zwecke finden sich Nebenlinien von 3 Fuss und 3 Fuss 6 Zoll Spurweite und in einem Theile der Südstaaten finden sich, als Folge der seit längerer Zeit befolgten Absperrungspolitik gegen den Norden, grössere Strecken von 5 Fuss und 5 Fuss 6 Zoll Spurweite vor.

Der grösste Theil der Schienen ist aus Schmiedeeisen. Mit der in den letzten 10 Jahren rapide steigenden Entwickelung der Bessemer-Werke hat man indess in gleichem Schritte angefangen, Stahlschienen neu zu legen und alte mit solchen auszuwechseln. Die Leistungsfähigkeit des Landes in der Schienenproduction zeigt sich schlagend aus den Zahlen, nach welchen im Jahre 1871 noch 599802t, dagegen 1877 nur 12t Schienen eingeführt wurden. Im letzteren Jahre wurden 776990t

Stahlschienen in den Vereinigten Staaten selbst producirt.

Der grosse Holzreichthum des Landes drückt sich in der verschwenderischen Anordnung der Schwellen, welche durchgängig nur um die eigene Breite von einander entfernt liegen, aus. Dieser nahen Unterstützung ist es wol auch zuzuschreiben, dass bei dem häufig sehr mangelhaft ausgeführten Oberbau das Fahren der Züge dennoch ein verhältnissmässig ruhiges ist. Eiserner Oberbau sowie Langschwellen finden sich nicht vor.

Häufig begegnet man Wasserkasten, welche zwischen den Schienen angebracht sind und aus denen die Locomotiven während der Fahrt durch herabgelassene Rohre ihr Wasser entnehmen können.

Wegeübergänge sind durchgängig im Niveau der Bahnen und vielfach ohne Schutzmassregeln ausgeführt. Selbst bei Bahnen in grossen volkreichen Städten findet man ganze Bahnhofsanlagen ohne Einfriedigung in den Strassen liegen, und nur selten werden bei den lebhaften Uebergängen die Passanten durch angestellte Wärter mit kurzen Fahnen gewarnt. In Philadelphia verzweigen sich die dortigen Bahnen beinahe durch alle Hauptstrassen. Die Gütersammelstellen liegen in den belebtesten Theilen der Stadt. Die Güter werden dort in die Waggons direct verladen und Pferde und Maulthiere schleppen lange Güterzüge durch die Strassen nach den Bahnhöfen. Eine Einfriedigung der Strecken, sowie eine regelmässige Bewachung durch Bahnwärter findet nicht statt.

Zum Schutze gegen das Vieh und um dasselbe zu verhindern in der Längsrichtung der Bahn zu laufen, finden sich künstliche Einschnitte mit kleinen Brücken vor.

Das Bahnplanum wird von dem Amerikaner als öffentliches Eigenthum betrachtet, und steht es jedem frei, natürlich auf eigene Gefahr, dasselbe auch als Weg zu benutzen.

Anstatt grösserer Erdaufschüttungen, deren Ausführung längere Zeit in Anspruch nehmen würde, begegnet man vielfach Holzgerüsten, sogenannten Trettle Works. Dieselben scheinen häufig mit einer bei uns ungewohnten Leichtigkeit hergestellt zu sein. Ebenso findet man statt Böschungen eingerammte Pfähle zum Halten der Dämme. Auf den Pacific-Bahnen finden sich ausser grossen hölzernen Viaducten vollständige Tunnels in Holzconstructionen, um die Züge vor Schnee zu schützen.

Dass die häufige Anwendung dieses Materials bedeutende Gefahren in sich birgt, beweisen die grossen Brände und die dadurch erfolgten Störungen.

So brannte am 6. Mai 1875 der hölzerne Portage-Viaduct von $260^m$ Länge und $62^m$ Höhe in einigen Stunden ab. Um diese Störungen so viel wie möglich zu vermeiden, sind besondere Feuerlöschvorrichtungen auf der Sierra-Nevada, der Linie von Ogden nach St. Francisco eingerichtet. Es befinden sich dort 32 Telegraphenstationen, von denen aus die Zugconducteure, oder die Bahnmeister im Falle eines Unglückes nach vier Feuerstationen telegraphiren können. Au den Stationen stehen stets geheizte Locomotiven mit vier grossen Wasserwagen und den sonst erforderlichen Löschvorrichtungen zum Abfahren bereit.

Einen ausserordentlich interessanten Theil des amerikanischen Bahnbaues bilden die Brücken. Die Zeit erlaubt es mir nicht auf diesen Gegenstand hier näher einzugehen. Ich kann aber nicht umhin, wenigstens einige Dimensionen hervorragender Brücken kurz anzuführen.

Von den bedeutendsten Brückenbauten erinnere ich nur an die Fachwerksbrücke über den Hudson bei Poughkeepsie von fünf Spannungen je $160^m$; die Bogenbrücke über den Mississippi bei St. Louis, ähnlich der Coblenzer Brücke, aber mit oberer Bahn für den allgemeinen Verkehr, unterer Bahn für die Eisenbahn und Stahlröhren von 18 Zoll Durchm. für die Bogenträger; mittlere Spannung von $158{,}5^m$ und zwei Seitenspannungen von je $157^m$; ferner die Röbling'schen Seil- und Kettenbrücken und zwar die Niagara-Brücke mit $250^m$, die Ohio-Brücke mit $322^m$ Spannung; die East River Bridge, welche New-York mit Brooklyn verbindet, $486{,}3^m$ Spannweite hat und $41{,}2^m$ über Hochwasser liegt.

Eine Ausnahme von den bei uns üblichen Brückenconstructionen bildet noch die sehr häufige Anwendung der hölzernen Pfahlbrücken, welche in ihrer urwüchsigen Art bei weiten Wasserflächen und sumpfigem Terrain häufig derart angewandt werden, dass Pfähle auf 3 bis $4^m$ Entfernung eingerammt, mit den nöthigen Quer- und Längsbalken verbunden und dann die Schienen in einer Höhe von 2 bis 3 Fuss über dem Wasserspiegel gelegt werden. Auf der Linie Philadelphia-Baltimore finden sich viele dieser Bauten in Längen von mehreren Kilometern. Dasselbe findet man auf der Ostseite von St. Louis im Ueberschwemmungsgebiete des Mississippi. In Wisconsin, auf der Chicago- und North-Western-Bahn findet sich ebenfalls eine solche Pfahlbrücke in einer Länge von $2200^m$.

Die Leistungsfähigkeit der Amerikaner im raschen Bau ihrer Linien ist eine ganz ausserordentliche. So wurde in Pennsylvanien eine Linie von $88^{km}$ Länge in der Zeit vom 1. April 1877 bis zum 7. Juli desselben Jahres angefangen und fertig gestellt. Es finden sich auf derselben mehr als 100 grosse und kleine Brücken. Die drei längsten Brücken haben zusammen $400^m$ Spannweite. Unter den sehr bedeutenden Einschnitten befand sich einer, welcher die Bewegung von $30000^{cbm}$ Erde verlangte. Die Legung der Gleise wurde mit einer Geschwindigkeit bis zu $8^{km}$ pro Tag bewirkt.

Von den sonst wunderbaren Unternehmungen des amerikanischen Geistes sei noch der kürzlich gemachte und gelungene Versuch zu erwähnen, mit welchem der Missourifluss im Winter unter Benutzung seiner Eisdecke direct mit einem Eisenbahngleise versehen und längere Zeit auch zum durchgehenden Transport benutzt wurde.

Der Oberbau der Bahnhöfe bietet nichts Wesentliches zu erwähnen. Die Weichen sind durchgehend stumpfe Kopfweichen. Centralpunkte zum Stellen der Weichen finden sich nicht vor. Auf einzelnen Bahn-

höfen findet man recht hübsche Constructionen von Sicherheitsweichen und ebensolche Einrichtungen, um ausgesprungene Fahrzeuge auf leichte Weise wieder einzuführen. Schiebebühnen und Drehscheiben sind infolge der Länge der Fahrzeuge kaum vorhanden.

Das Rangiren geschieht durch Schleifcurven, und es zeichnen sich im Uebrigen die Gleise auf den Bahnhöfen meistens durch eine sehr grosse Länge aus.

Sehr hübsche Constructionen von Wagen zum Wiegen beladener Waggons finden sich derart in durchgehenden Gleisen angebracht, dass die Züge ohne Benutzung und Berührung der Wage durchfahren können und ebenso infolge Verstellung einer Weiche vor bezw. hinter der Wage jeder einzelne Wagen aus dem Zuge herausgenommen und ohne Schwierigkeit gewogen werden kann.

### Die Personenbahnhöfe.

Die Einrichtung der Personenbahnhöfe richtet sich lediglich nach dem vorhandenen Bedürfniss, und es finden sich daher die mannigfaltigsten Formen von dem einfachen Pfahl an, welcher als Zeichen der Haltestelle dient, bis zu den selten vorkommenden grossartigen Bahnhöfen nach europäischem Muster. Die Lage der Bahnhöfe ist möglichst nahe dem Mittelpunkte des Verkehrs, die Bauart durchgängig eine äusserst einfache, mit kleinen Räumen für Beamte und Publicum, jedoch mit besonderen Räumen für Damen und in den Südstaaten auch für Neger. Restaurationen sind auf den Bahnstationen vorhanden. Bei den durchgehenden Zügen finden sich dieselben nur an bestimmten Punkten, an denen das Frühstück, das Mittagessen und das Abendessen eingenommen wird. Spirituose Getränke werden nirgends verabreicht. Die Perrons sind meistentheils aus Holzwerk in der Höhe der Schienenoberkante und an den grösseren Bahnhöfen gewöhnlich als Zungenperrons ausgeführt. Eine Trennung der Ankunfts- und Abfahrtsperrons, wie der Räume für das ankommende und abgehende Passagiergepäck ist bei diesen grösseren Anlagen vielfach durchgeführt.

Wenn es nur eben möglich ist, hat man die Strassenbahnwagen bis unmittelbar an die Perrons herangeführt. Es wird dadurch dem Reisenden die Benutzung der sehr theuren Miethsfuhrwerke erspart.

### Personenzüge und Wagen.

Wenngleich auch nach den formellen Bestimmungen die amerikanischen Bahnen, entsprechend den Anforderungen eines richtigen Republikaners, nur ein Classensystem haben, so ist doch thatsächlich eine viel schärfere Trennung der verschiedenen Classen in Benutzung der Eisenbahnen durchgeführt, als wir dies in Europa gewöhnlich annehmen. Auf der untersten Stufe stehen die besonderen Züge mit ermässigten Fahrpreisen für Auswanderer. Dieselben haben natürlich nur I. Classe, dafür aber auch das denkbar roheste und unbequemste Fahrmaterial. Nach diesen kommen in den gewöhnlichen Zügen die Rauchwagen I. Classe, welche unmittelbar hinter der Locomotive laufen und auf das dürftigste ausgestattet sind. Die gewöhnlichen Wagen I. Classe, in denen nicht geraucht werden darf, sind leidlich eingerichtet, für längere Touren aber immerhin so unbequem, dass sie nicht benutzt werden können. Besser sind die Wagen I. Classe, deren Rücklehnen sich nach Belieben verstellen lassen und bei denen schon an den Conducteur ein Preisaufschlag von 1 bis 2 ℳ pro Fahrt zu entrichten ist. Die Salonwagen, welche in allen Schnell- und Expresszügen laufen, werden von denjenigen Reisenden benutzt, welche einen Aufschlag von 2 bis 4 ℳ pro Tag nicht scheuen, wenn sie längere Strecken durchfahren.

Zuletzt kommen noch die besonderen Classen der Schlafwagen mit einem Preisaufschlag von 8 bis 12 ℳ pro Nacht und 4 ℳ pro Tag.

### Allgemeine Beschreibung der Personenwagen.

Die Personenwagen der nordamerikanischen Bahnen sind sämmtlich Wagen mit Gängen in der Längsaxe derselben und zwei Sitzplätzen auf beiden Seiten; da sie eine sehr bedeutende Länge haben (bis zu 27$^{m}$), so ruhen sie sämmtlich auf zwei in Zapfen drehbaren Untergestellen von je zwei oder drei Achsen. Zur Sicherheit sind die Untergestelle mit Ketten an den Kasten der Wagen angehakt. Die Räder der Personenwagen sind meistens Schalengussräder. Neuerdings hat man angefangen, Räder ebenso wie Bremsklötze aus gepresstem Papier herzustellen. Die Bremsen der Personenzüge sind continuirlich. Es finden sich sehr verschiedene Arten, aber meist sehr wirksame Constructionen vor.

Die Personenwagen sind ebenso wie die Güterwagen fest und dicht an einander gekuppelt, die Kuppelungen meist selbstthätig einrückbar und mittelst Hebel vom Ende des Trittbrettes des Wagens aus ausrückbar.

Anstatt der bei uns gebräuchlichen zwei Buffer auf beiden Seiten der Wagen, haben die amerikanischen Wagen einen in der Mitte der Längsaxe befindlichen Buffer, dessen gewölbte Fläche bei der Fahrt dicht auf dem Buffer des folgenden Wagens aufsitzt.

Die gewöhnlichen Wagen sind mit 48 bis 64 Sitzplätzen versehen. Es befindet sich in jedem Wagen ein Closet und im Sommer ein Eisbehälter, dessen kaltes Wasser dem Publikum stets zur Verfügung steht. Die besseren Wagen, für welche ein Preisaufschlag bezahlt wird, besitzen besondere Räume für Toilette und kleine Abtheilungen für Raucher. Die Salonwagen haben aber ausserdem noch abgetrennte Räume für kleinere Gesellschaften, welche im Ganzen vergeben werden. Die Heizung der Wagen geschieht durch Oefen oder Dampf. Sämmtliche bessere Wagen sind mit Oberlicht und guter Ventilation, sowie mit allgemein guter Beleuchtung versehen.

Die Schlafwagen haben 18 bis 24 Doppelbetten, welche auf den Seiten in der Längsrichtung der Wagen so angebracht sind, dass in der Mitte ein Gang bleibt, der stets unter der Controle des Wagendieners liegt. Die Betten sind wesentlich breiter und angenehmer als

die der bis jetzt in Deutschland laufenden Schlafwagen. Die Bedienung der Schlafwagen geschieht durch Neger, welche angewiesen sind, dem Reisenden seine Kleider auf Verlangen zu reinigen. Sehr angenehm ist es für Reisende, dass diejenigen Schlafwagen, welche für bestimmte Hauptplätze laufen, nicht von den Reisenden sofort nach Ankunft der Züge geleert zu werden brauchen. Geschieht diese Ankunft vor 6 Uhr Morgens, so werden die Schlafwagen auf ein Nebengleis geschoben und bleiben stehen, bis die Passagiere nach Tagesanbruch denselben geleert haben. Durch sämmtliche Personenwagen läuft im Inneren derselben eine Zugleine derart hindurch, dass es jedem Passagier leicht wird, mittelst derselben dem Conducteur oder Locomotivführer Signale zu geben. Die Schlafwagengesellschaften haben sich durch die ja in diesem Lande viel vorkommenden längeren Touren in ganz ausserordentlicher Weise ausgebildet. So besitzt die Pullmann Car Cy. einen Wagenpark von 700 Wagen. Sie hat Verträge mit 60 verschiedenen Eisenbahngesellschaften zur Benutzung ihrer Strecken abgeschlossen. Diese Verträge werden auf 15 Jahre gemacht und die Gesellschaft richtet es so ein, dass der Anfangstermin mit den verschiedenen an einander angrenzenden Eisenbahnen ein ganz verschiedener ist. Es wird dadurch den Eisenbahngesellschaften schwierig gemacht, falls von dieser Seite die Verträge gekündigt werden sollten, diesen Verkehr aufzuheben. Im anderen Falle würde der durchgehende Verkehr mit Schlafwagen aufhören und die ganze Linie bei dem Publicum in Misscredit kommen.

Obige Schlafwagengesellschaft hatte im Jahre 1877 eine Einnahme von 8643316 ℳ und eine Ausgabe von 3502312 ℳ; der mittlere Ertrag pro Wagen betrug 3000 ℳ, die gezahlte Dividende 12 pCt.

### Betrieb des Personenverkehrs.

Der Verkauf der Fahrkarten geschieht nur zum geringsten Theil an den Verkaufsstellen der Bahnhöfe. In fast jedem Gasthofe von einiger Bedeutung sind Fahrkarten nach allen Richtungen und zu jedem gewünschten Zuge zu haben. Mit Zahlung der Rechnungen in den Gasthöfen löst der Fremde ein Fahrbillet. Ebenso werden an den Verkaufsstellen auf den Bahnhöfen die Billets nicht nur für den nächsten abgehenden Zug, sondern für jeden an diesem Tage abgehenden und von dem Reisenden zu benutzenden Zug verabfolgt.

Die Preise der Personenbillets sind nach keiner Regel bestimmt. Dieselben werden lediglich durch das Bedürfniss und die Concurrenz festgesetzt und demnach schwankt der Einheitspreis sowol zwischen den verschiedenen Bahnen als auch auf ein und derselben Bahn, in den verschiedenen Jahreszeiten ganz ausserordentlich. Im Allgemeinen sind die Preise in den Oststaaten, in denen die Concurrenz am lebhaftesten ist, am niedrigsten und steigen nach Westen je mehr, je vereinzelter die Bahnen im Lande vorkommen.

Als Beispiele aus dem Jahre 1876 führe ich an: der Fahrpreis von Niagara nach New-York per Erie-Eisenbahn, einer Entfernung von 713 km, betrug 20 ℳ oder 2,8 Pf. pro Kilometer; ein Billet auf der Strecke von New-York nach St. Louis, einer Entfernung von 1958 km, kostete 108 ℳ oder 5,5 Pf. pro Kilometer; eine Fahrt von New-York nach St. Francisco, einer Entfernung von 5305 km, kostete 552 ℳ oder 10,4 Pf. pro Kilometer. Eine Fahrt aber auf einer Theilstrecke dieser Route von Omaha nach Ogdon, einer Entfernung von 1651 km, kostete 310 ℳ oder 18,7 Pf. pro Kilometer.

Selbstverständlich ist, dass die Art der Billets eine ausserordentlich verschiedene und zahlreiche ist. Als interessant sind indessen zu erwähnen die von der Rock Island- und Pacific-Bahn ausgegebenen Meilenbillets in der Form von kleinen Büchern. Jede Seite dieser Bücher entspricht einer Fahrt vom 100 Meilen. Die Meilenzahl wird von dem Zugführer nach der zu durchfahrenden Entfernung und entsprechend einer in seinem Besitz befindlichen Tabelle coupirt.

Die Billetcontrole geschieht durch den Conducteur des Zuges. Reisende ohne Billets können von dem Zugführer Billets mit einem mässigen Aufschlag nachlösen.

### Passagiergepäck.

Auf den meisten nordamerikanischen Bahnen haben die Reisenden ein Freigewicht von 100 Pfd. Gepäck. Die Controle über dieses Gewicht geschieht nur in den seltensten Fällen durch Wiegen. Die Beamten erledigen diesen Theil der Gepäckexpedition durch einfaches Anheben der Gepäcktheile. Ein Schein über aufgegebenes Gewicht wird nicht gegeben, sondern der Reisende empfängt gegen Ablieferung seines Gepäcks eine Blechmarke, welche genau einer zweiten mit einem Riemen an das Gepäckstück befestigten Marke entspricht. Die Gepäckexpedition geschieht so auf eine ausserordentlich rasche und für die Bahn billige Weise.

Zum Transport des Passagiergepäckes aus den Städten bezw. Hotels nach den Bahnen wie von den Bahnen bestehen besondere Expressgesellschaften. Es ist durch dieselben dem Reisenden möglich, seine Gepäckaufgabe schon im Gasthofe zu erledigen und ebenso geht ein Beamter der Expressgesellschaft vor Ankunft auf allen Hauptstationen durch die Züge mit der Anfrage, ob Gepäck zu expediren sei. Gegen Abgabe der Gepäckmarke wird ein Schein verabfolgt und findet der Reisende nach kurzer Zeit sein Gepäck in dem den Beamten bezeichneten und von ihnen notirten Gasthofe vor. Bei dem ausserordentlich hohen Preise der Droschken in den Vereinigten Staaten ist diese Beförderung, welche gewöhnlich 1 bis 2 ℳ kostet, die billigste, sicherste und angenehmste.

Im Allgemeinen muss zugestanden werden, dass das Reisen in den Vereinigten Staaten, gegenüber unseren Verhältnissen, ein ausserordentlich bequemes und angenehmes ist. Zugegeben muss indess werden, dass die Ausbildung des Personenverkehrs nach dieser Richtung durch die meistentheils langen Reisen der die Bahn benutzenden Personen in natürlicher Weise sich entwickelt hat.

Was die Fahrgeschwindigkeit der Züge angeht, so betrug dieselbe 1876 bei den

Passagierzügen . . = 30 bis 35 km
Eilzügen. . . . . . = 40 bis 50 km
Schnellzügen . . . = 50 bis 62 km

in der Stunde. In einem Coursbuche vom Juli 1879 habe ich indessen gefunden, dass auf der neuen Linie zwischen Philadelphia und New-York die Entfernung von 89 engl. Meilen in 2 Stunden 5 Minuten, also einer Geschwindigkeit von 68,51 km pro Stunde zurückgelegt wird.

Zum Vergleich führe ich an, dass die Jagdzüge zwischen Berlin und Cöln 63 km und die Schnellzüge zwischen London und Dover 80 km pro Stunde zurücklegen.

Mit dem Aufhören der Concurrenz nach den westlichen Staaten verringert sich auch die übliche Geschwindigkeit der Personenzüge. Im Allgemeinen ist die Geschwindigkeit der amerikanischen Züge eine geringere als bei uns, und ganz erklärlich ist dies auch durch die nothwendige Rücksicht auf den vielfach mangelhaften Bau und die auf den meisten Bahnen auch mangelhafte Beaufsichtigung der Strecken.

### Güterverkehr und Einrichtung.

Die Anlagen für die Aufnahme der Güter auf den Bahnen der Vereinigten Staaten lassen sich in die folgenden Hauptabtheilungen classificiren:

1) in kleinere Bahnhöfe mit combinirtem Stationsgebäude für Personen- und Güteraufnahme.

2) in grössere Bahnhöfe mit vollständiger Trennung der Güter- und Personenaufnahme-Gebäude. Diese lassen sich unterscheiden in:

a) die eigentlichen Güter und Rangirbahnhöfe;
b) Anlagen für den allgemeinen gemischten Verkehr;
c) „ „ „ Kohlenverkehr;
d) „ „ „ Getreideverkehr;
e) „ „ „ Viehverkehr;
f) „ „ „ Petroleumverkehr;
g) „ „ „ Holzverkehr u. s. w.

Im Allgemeinen ist bei Anlage der Güterbahnhöfe der erste Zweck der Anlage scharf im Auge behalten und die Aufgabe der Heranziehung der Güter und der Hebung des Verkehrs durch die Bahnen in sehr einsichtsvoller Weise von den massgebenden Personen zur Durchführung gebracht. Wie schon oben bei Philadelphia erwähnt, findet sich der Grundsatz, die Gütergleise bis an den Mittelpunkt des geschäftlichen Verkehrs hineinzuschieben, in ausserordentlich vielen Fällen durchgeführt. Nächst Philadelphia bietet Baltimore Musteranlagen nach dieser Richtung, in denen möglichste Ersparung der Spedition sowie schnelle und bequeme Durchführung der Transporte ausgebildet sind.

Es ist bei der mir heute zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich, auch nur annähernd den grösseren Theil der für den Gütertransport ausgeführten wichtigen und interessanten Anlagen hier zu erwähnen, ich muss mich darauf beschränken, nur einen kleinen Theil derselben, welcher für uns von hervorragendem Interesse ist, anzuführen.

### Kohlentransport.

Die Kohlenbahnhöfe existiren in zwei besonderen Arten. Einmal solche, welche bei den Gruben oder in unmittelbarer Nähe angelegt sind und zur Aufnahme des geförderten Materials in die Eisenbahnwagen dienen, und andererseits solche an den schiffbaren Flüssen und Häfen, welche zur Verladung der mit den Eisenbahnwagen zugeführten Kohlen in die Seeschiffe dienen.

Bei der ersten Art findet man Bahnhöfe für bituminöse Kohle und Anthracit mit grossartigen Einrichtungen zum Sortiren nach der Stückgrösse und directem Verladen in die Eisenbahnwagen.

Als Beispiel eines bedeutenden Kohlenbahnhofs zur Schiffsverfrachtung führe ich den Bahnhof Richmond der Philadelphia- und Reading-Bahn zu Philadelphia an. Derselbe ist am Delaware-Fluss angelegt und besitzt 22 besondere Landzungen, welche in den Fluss hineinragen. Es befinden sich also an denselben 44 Anfahrtsseiten für die Schiffe, von denen einzelne die Zufahrt für zwei oder drei Schiffe gestatten. Auf diesen Verlade-Landzungen liegen 64 todte Ausladegleise.

Die erwähnte Eigenthümerin, die Philadelphia-Reading-Eisenbahn dient hauptsächlich dem Kohlenverkehr nach den Ost-Seeplätzen und beförderte beispielsweise im Jahre 1875 ein Quantum von 673 308 145 Tonnenkilometer Kohlen. Der mittlere Bruttoerlös für das Tonnenkilometer betrug 4,5 Pf. und die durchschnittlichen Kosten der Zugbeförderung und des Zugdienstes eines Kohlenzuges 0,788 Pf. pro Tonnenkilometer Kohle. Die Linie hatte 7765 vierachsige und 7210 zweiachsige Wagen für die Kohlenbeförderung in Betrieb.

### Getreide-Transporteinrichtungen.

Zum Verladen des Getreides in die Eisenbahnwagen dient eine ausserordentlich grosse Anzahl kleinerer Anlagen in den mittleren und westlichen Staaten, bei denen das mit dem Landfuhrwerk ankommende Getreide mittelst Dampf auf eine Rampe gehoben und die Verladung in die Eisenbahnwagen mittelst Trichter, welche über den Wagen auslaufen, geschieht.

Eine ganz hervorragende Stelle nehmen die Einrichtungen zum Verladen des Getreides in die Schiffe ein.

An den Haupthandelsplätzen des Getreides befinden sich zugleich die Hauptsammelplätze desselben, welche so eingerichtet sind, dass sie das von den Bahnen zugeführte Getreide aufnehmen und in die Seeschiffe verladen können. Diese grossartigen Getreideelevatoren haben demnach den doppelten Zweck, sowol den Handelsverkehr zu unterstützen, dadurch, dass sie unter der Controle besonderer Beamten stehen, unter deren Verantwortung die Muster der vorräthigen Ware an die Börse gebracht werden, und zugleich die Garantie geboten wird, dass der Käufer die gleiche Ware verfrachtet erhält, und im Weiteren das Umladen der Getreidefracht aus den Wagen in die Seeschiffe auf die leichteste und billigste Weise zu gestatten. Die zu diesem Zwecke vorhandenen Getreidelager gestatten die

Einführung ganzer Getreidezüge. In mehreren derselben sind bis zu 6 Gleise vorhanden. Im unteren Theile befinden sich unter oder neben den Gleisen Trichter, in die das Getreide ausgeleert wird. Paternosterwerke heben dasselbe aus diesen Trichtern und übergeben es Maschinen, welche eine oberflächliche Ausscheidung der Unreinigkeiten besorgen. Von diesen Maschinen fällt es in grosse, thurmhohe, hölzerne oder eiserne Kasten, aus denen es wiederum, wenn es verladen werden soll, im Boden ausgelassen, mit Paternosterwerk gehoben und durch grosse seitliche Abführungsröhren in die Fluss- oder Seeschiffe herunterfällt.

So hat der Canton Elevator bei Baltimore, welcher Eigenthum des Northern-Central-Railway ist, eine Länge von 142 Fuss 11 Zoll, eine Breite von 81 Fuss, die Höhe der Seitenwände beträgt 81 Fuss 9 Zoll und die Höhe bis zum Dachfirst 139 Fuss 6 Zoll. Es befinden sich in demselben 288 grosse Sammelkasten von je 60 Fuss Höhe. Vier Eisenbahngleise führen in den unteren Theil des Gebäudes hinein. Dasselbe kann 300 000 Ctr. Getreide lagern und seine Maschinen sind im Stande, pro Stunde 19 200 Ctr. Getreide zu heben.

Solche Elevatoren befinden sich hauptsächlich noch zu Philadelphia und an den oberen Seen zu Chicago, Erie und Buffalo.

### Petroleum.

Eine grosse Rolle beim Gütertransport spielt das Petroleum. Den interessantesten Theil dieses Transportes bildet die Zufuhr desselben von den Petroleumquellen bis zu den Eisenbahnstationen.

Es existiren in den Vereinigten Staaten nicht weniger als 35 grosse Gesellschaften, welche sich lediglich mit der Zuleitung des Petroleums nach den Bahnen befassen. Dieselben haben zusammen ein Netz von etwa 4000$^{km}$ schmiedeeiserner Röhren, in denen das Petroleum entweder durch natürlichen Druck oder durch Pumpwerke nach den Stationen geführt wird. Diese Röhren sind auf 12 Atm. Pressung probirt. Die Zuleitungskosten schwanken zwischen 60 und 120 Pfg. pro Fass. An den Stationen befinden sich grosse eiserne Bassins, in denen das Petroleum gesammelt wird, um entweder von diesen oder direct aus den Röhren in die zum Petroleumtransport bestimmten Wagen abgelassen zu werden. Die Petroleumeisenbahnwagen besitzen kräftige schmiedeeiserne Kessel, welche in der Längsrichtung der Wagen gut gelagert sind. Die Kessel sind mit Mannloch, Dom, den erforderlichen Ventilen (Zufluss- und Absperrventil) versehen und haben einen Fassungsraum für etwa 3600 Gall. Oel. Mit welcher Sicherheit die amerikanischen Bahnen das Petroleum in diesen Gefässen transportiren, geht aus der Thatsache hervor, die mir bei einem Güterzuge bei Pittsburg auffiel, bei welchem nach einem gefüllten Petroleumwagen unmittelbar ein Wagen mit rothglühender Puddelschlacke rangirt und transportirt wurde.

Die Transportkosten des Petroleums von der Empfangsstation bis zu dem Verschiffungsplatze, dem Hafen, betragen im Minimum 2 ℳ und entsprechen einem mittleren Frachtsatz von 5 ℳ pro Fass. Um diese Kosten auf das Geringste herunter zu drücken, geht man augenblicklich mit dem Plan um, ein Röhrennetz von Parker bis nach Baltimore, dem Seeverschiffungsplatz, zu legen und so auf eine Länge von 500$^{km}$ das Petroleum in 4zölligen schmiedeeisernen Röhren bis nach dem Seeplatz zu leiten. In Entfernungen von 25$^{km}$ sind Pumpwerke mit je 100pferdigen Dampfmaschinen projectirt, um den nöthigen Druck auszuüben. Man hofft, auf diese Weise den Frachtsatz pro Fass bis auf 64 Pf. zu vermindern.

In den Hafenstädten finden sich grosse gesonderte Anlagen, in denen das Petroleum aus den Eisenbahnwagen getrennt von anderen Anlagen und entfernt von bewohnten Stadttheilen gelagert wird.

Von den ausserordentlich bedeutenden und interessanten Anlagen für Viehtransport führe ich den Viehhof in Chicago an, welcher 40$^{km}$ Eisenbahngeleise, 52$^{km}$ Drainröhren, 13$^{km}$ Wege, 21$^{km}$ Tröge zum Tränken und Füttern des Viehes besitzt und bei dem Fassungsraum von 20 000 Stück Hornvieh, 100 000 Stück Schweine, 20 000 Stück Schafe und 1000 Stück Pferde einen Flächeninhalt von 61$^{ha}$ hat.

Eine Beschreibung der Güterwagen und Locomotiven unterlasse ich hier und verweise auf die von mir ausgestellten Zeichnungen der hauptsächlichsten Locomotiven und Güterwagen der Pennsylvania-Bahn.

### Classification der Güter und Frachten.

Im Allgemeinen werden die Güter entsprechend ihrem Werth und ihrer Raumeinnahme in vier Classen eingetheilt. Eine grosse Rolle ist dieser Classification aber nicht beizulegen, da dieselbe durch ganz unregelmässige Einführung unzähliger Separattarife durchbrochen ist. Ebenso ist man nicht in der Lage, Normalsätze der Frachten für die verschiedenen Güter auch nur mit einiger Sicherheit anzugeben. Ich führe daher nur als interessant einige Schwankungen an, welche Güter dieser fünf Tarifclassen in einem Jahre auf ein und derselben Bahn, der Linie von New-York nach Chicago, unterworfen waren.

1875 kosteten auf dieser Strecke 100 Pfd. Güter:

| Classe | I | II | III | IV | Specialtarif |
|---|---|---|---|---|---|
| im Januar | 4 | 3,60 | 3 | 2,40 | 1,80 ℳ |
| „ December | 1,20 | 1,00 | 0,80 | 0,80 | 0,60 „ |

Im Allgemeinen kann, gerade so wie bei dem Personentransport, angenommen werden, dass die Frachtsätze sich erhöhen, je weiter die Bahnen nach Westen liegen. Die Concurrenz der Frachten im Osten ist eine so ungeheuerliche, dass man sich hier schwerlich einen Begriff davon machen kann. Die Kämpfe zwischen den verschiedenen grösseren Linien, welche häufig nur zu dem Zweck ausgeführt werden, um einen finanziellen Ruin einer Strecke zu erzwingen, sind für uns ungewohnte und fabelhafte Erscheinungen.

### Transportgesellschaften.

Eine grosse Rolle bei dem Güterverkehr in den Vereinigten Staaten spielen die Transportgesellschaften, welche offenbar als Ersatz für den Mangel an Vereinigungen der Eisenbahngesellschaften an grossen durchgehenden Linien sich gebildet haben. Diese Gesellschaften besitzen einen eigenen Wagenpark, den sie infolge von Verträgen mit verschiedenen an einander stossenden Linien in grossen durchgehenden directen Frachtlinien verkehren lassen. Sie besitzen eigenes Begleitungspersonal für diese Wagen, eigene Entlade- und Beladevorrichtungen, in vielen Fällen eigene Bahnhöfe, Getreideelevatoren, Oel-Zuleitungsröhren und zur Verbindung der Linien auf Flüssen und Seen eigene Dampfschiffe.

Als Beispiel einer solchen Gesellschaft führe ich die grösste derselben, die Empire Transportation Company zu Philadelphia an.

Diese Gesellschaft befördert die Güter in directem Verkehr von New-York nach St. Louis, Omaha und Chicago. Sie hat für ihren Verkehr Verträge mit Bahnen auf eine Länge von 8000 bis $9000^{km}$ Entfernung abgeschlossen. Ihr Capital beträgt 32 000 000 ℳ, sie besitzt 4500 eigene Güterwagen, eigene Docks, Elevatoren, Petroleum-Raffinerien in New-York, Philadelphia, Baltimore, Erie, 20 eigene Dampfer und $700^{km}$ Petroleumleitungsröhren, mit denen sie im Stande ist, täglich 40 000 Gall. Petroleum abzuführen. Im Jahre 1876 transportirte sie allein 375 810 551 Gall. Petroleum; im Jahre 1875 bewegte sie im Ganzen $1\,489\,623^{t}$ Güter oder auf die Entfernung einer engl. Meile reducirt = $814\,639\,468^{t}$.

### Schluss.

Die mir zur Verfügung stehende Zeit gestattet es leider nicht, mehr, als wie dies in skizzenhafter Weise bisher geschehen ist, auf das vorliegende Thema hier einzugehen. Es ist mir daher nicht möglich, sowol eine sehr grosse Anzahl interessanter baulicher Einrichtungen, als andere interessante Erscheinungen des Betriebes und des Verkehrs und insbesondere das hoch ausgebildete Reclamewesen der Eisenbahnen der Vereinigten Staaten näher zu beleuchten.

Wenn aus dem heute hier Mitgetheilten einzelne grosse Schattenseiten des nordamerikanischen Eisenbahnwesens und insbesondere der finanziellen Resultate desselben hervorgehen, so dürfen bei der Beurteilung derselben doch immer nicht die eigenthümliche Art der Verhältnisse und der Culturzustand des Landes ausser Betracht gelassen werden. Neben diesen erklärlichen Schattenseiten wird Ihnen aber so viel klar sein, dass das, was die Amerikaner im Eisenbahnwesen in den letzten Decennien geleistet haben, mit zu den bedeutendsten Leistungen menschlicher Thätigkeit und Energie gehört, und dass diese Leistungen, wenn sie auch Einzelne in ihren Erfolgen nicht befriedigt, vielleicht gar geschädigt haben, doch zur Förderung des Wohles des Vaterlandes des amerikanischen Bürgers dauernd beitragen und so dem Hauptzweck menschlichen Schaffens die Krone aufsetzen.

Ehe ich nun meinen heutigen Vortrag schliesse, fühle ich mich verpflichtet, eine Eigenschaft, welche die leitenden Persönlichkeiten der amerikanischen Eisenbahngesellschaften in hohem Grade auszeichnet, ganz besonders hervorzuheben.

Es ist dies diejenige Eigenschaft, welche mehr als alle anderen geeignet ist, das Band, welches nothwendiger Weise die Techniker aller Länder der Erde, in ihren Bestrebungen, das Richtige und Beste zu erreichen, verbinden muss, zu knüpfen und zu befestigen. Ich meine die vornehme Eigenschaft der Gastfreundschaft. Die Aufnahme, welche die Techniker aller Länder der Erde bei Gelegenheit der Weltausstellung zu Philadelphia seitens der amerikanischen, insbesondere der Pennsylvania Company und der Philadelphia & Reading Cy. fanden, wird vielen der geehrten Anwesenden bekannt sein. Sie war eine so ausserordentliche, dass sie denjenigen, welche sie nicht mitgemacht haben, wirklich als fabelhaft erscheinen möchte. Aber auch zu anderen Zeiten zeigt sich diese Eigenschaft in collegialischer und hervorragender Weise.

Ich bin gern bereit, denjenigen, welche sich dafür interessiren, die vielen freundlichen Einladungsschreiben, welche mir von einer grossen Anzahl amerikanischer Bahnen zum Besuch ihrer Linien mit Fahrkarten zugestellt wurden, zum Beweise zur Verfügung zu stellen.

Wenn ich also hier an diesem Platze, den ich als einen Nachbarplatz der Hauptverwaltungssitze amerikanischer Eisenbahnen im Osten betrachte, denn Wissenschaft und Technik haben ihn ja in alltägliche Berührung mit denselben gebracht, meine warme und aufrichtige Anerkennung dieser edlen Eigenschaft ausspreche, so glaube ich zugleich der Ueberzeugung Ausdruck geben zu dürfen, dass die sämmtlichen geehrten Mitglieder unseres Vereines sich in diesem Punkte in voller Uebereinstimmung mit mir befinden.

---

# Das mechanische Relais.

Eine synthetische Studie von Professor **F. Lincke** in Darmstadt.

(Vorgetragen in der Section für Maschinenbau der XX. Hauptversammlung des Vereines am 26. August 1879.)

(Hierzu Blatt 24 bis 32.)

(Schluss von Seite 509.)

### Mechanisches Relais mit laufendem Rotationswendegetriebe und Sperrung. (Blatt 25.)

Specielle Darstellung: Fig. 1 bis 4. Anwendungsbeispiel: Fig. 5 und 6.

Die Drehung des treibenden Rades $M$ wird den Kegelrädern $A$, $B$ und $C$ derart mitgetheilt, dass $A$ und $C$, sowie die an ihnen befestigten, einseitig wirkenden Sperrräder $A_1$ und $C_1$ entgegengesetzten Drehsinn haben.

Die Welle $m$ des Rades $M$ ist in dem gabelförmigen Gestelle $G$ gelagert, welches in einer Hülse des Consols $G_0$ in geeigneter Winkelstellung festgespannt werden kann. $J$ ist die Indicatorstange, unten gabelförmig endend, vermittelst auf Welle $m$ drehbaren Hebels $J_1$, elastischen Gliedes $S$ und Steuerhebels $S_1$ auf die Steuerwelle $s$ wirkend. Bei Abwärtsbewegung von $J$ wird die Steuerwelle $s$ und damit der auf ihr befestigte, mit Stellschraube versehene sog. Ausleger $\alpha_1$ in positivem Sinne gedreht, wodurch der lose auf der Steuerwelle sitzende Zugsperrhaken $a_1$ unter der Wirkung der gespannt anliegenden Feder $F_a$ in das ununterbrochen in positivem Sinne sich drehende Sperrrad $A_1$ eingelegt wird. Nunmehr wird die weitere Bewegung des Indicators unter Mitwirkung der durch das Rad $M$ einfliessenden motorischen Kraft dem lose auf der Welle $m$ sitzenden zweifachen Winkelhebel $E_1$ und damit der executiven Stange $E$, die gabelförmig am Ende des ersteren angreift, mitgetheilt und zwar derart, dass bei dieser gemeinschaftlichen Bewegung durch den Indicator $J$ nur der Sinn und das Mass derselben bestimmt werden, während die mechanische Arbeit, die zur Ueberwindung der am Executor $E$ auftretenden Widerstände erforderlich ist, von Seite des Motors geleistet und vom Rade $M$ aus nach dem Executor hingeleitet wird.

In analoger Weise wird eine entgegengesetzte Bewegung von $J$ ebenfalls von $E$ befolgt, nachdem der Steuerwinkel, d. h. die kleine Drehbewegung zurückgelegt ist, welche zum Auslegen des Sperrhakens $a_1$ und Einlegen des gleichfalls lose auf der Steuerwelle $s$ sitzenden Sperrhakens $c_1$ in das entsprechend gezahnte, einseitig wirkende Sperrad $C_1$ erforderlich ist.

Zurückbleiben und Anhalten von $J$ gegenüber der eingeleiteten Bewegung von $E$ hat die Auslösung des wirksamen Sperrhakens (Mitnehmers) und die Stilllegung von $E$ in der mit $J$ correspondirenden Lage zur Folge.

Durch das elastische Glied $S$, bestehend aus einer vom Hebel $J_1$ ausgehenden Stange mit Kolben und einer über letzteren geschobenen, zwei gespannte Schraubenfedern enthaltenden Kapsel, welche mit seitlichen Zapfen oben am Steuerhebel $S_1$ angreift, wird ein den Steuerwinkel überschreitendes Voreilen des Indicators gegenüber dem Executor gestattet. Diese Voreilung kann durch Versetzen der im zweifachen Winkelhebel $E_1$ steckenden Mitnehmerbolzen $e_a$ und $e_c$ in dem einen oder dem anderen Drehsinne bis auf das zur Steuerung erforderliche Mass reducirt oder auch gänzlich aufgehoben werden, wenn das Relais ausgeschaltet und directe Kraftübertragung vom Indicator $J$ auf den Executor $E$ stattfinden soll.

Die einseitige oder beiderseitige Kuppelung zwischen Indicator und Executor in solchen Fällen, wo das mechanische Relais nur einseitig wirkend sein oder gänzlich ausgeschlossen werden soll, um in der einen oder anderen Bewegungsrichtung oder in beiden Bewegungsrichtungen die treibende Kraft vermittelst des Indicators direct auszuüben, lässt sich auch durch Sperrhaken $K_a$ und $K_c$, siehe Fig. 10 bis 12, Blatt 27, vom Indicatorhebel $J_1$ (oder auch vom Executorhebel $E_1$) aus bewerkstelligen, welche nach Bedürfniss von den mit Widerhaken versehenen Federn $F_a$ und $F_c$ auf die mit Vorsprüngen endigenden bogenartigen Ausbildungen des zweifachen Executorhebels $E_1$ niedergelegt oder aber auch ausser Eingriff gehalten werden können, wie dies Fig. 10 zeigt.

Wir haben demnach zu unterscheiden:

1) Relais mit gebundener Indicatorbewegung.
2) Relais mit gespannter Voreilung des Indicators.

Sind $v_i$, $v_m$ und $v_e$ die Geschwindigkeiten von Indicator, Motor und Executor, so ist im ersten Falle:

$$v_i = v_m = v_e,$$

im zweiten Falle:

$$v_i \geqq v_m = v_e.$$

Ohne Schwierigkeit liesse sich aber noch ein dritter Fall verwirklichen:

$$v_i = v_e \gtrless v_m,$$

d. h. nach Massgabe des Indicators dem Executor eine von der Geschwindigkeit des Motors unabhängige Geschwindigkeit ertheilen, wenn man den Steuerwinkel, d. h. die (in vorstehenden Gleichungen vernachlässigte) Bewegungsdifferenz zwischen Indicator und Executor dazu benutzte, das Uebersetzungsverhältniss vom Motor nach dem Executor entsprechend zu verändern. Im Allgemeinen werden jedoch statt mechanischer Relais aus starren Elementen solche mit Flüssigkeitswendegetrieben, deren specielle Betrachtung unten folgt, vorstehender Aufgabe praktischer entsprechen.

Ferner haben wir nach Vorstehendem beiderseitig wirkende und einseitig wirkende Relais zu unterscheiden, welch letztere bei belasteten Getrieben wie überhaupt in solchen Fällen am Platze sein werden, wo sich der executiven Bewegung nur in einer Richtung Widerstände entgegensetzen.

Um zufällige, nicht beabsichtigte Bewegungen des Executors auszuschliessen, sind noch die Sperrräder $A_0$ und $C_0$ fest am Gestelle $G$ angebracht, deren einseitige Zahnungen je entgegengesetzt denjenigen von $A_1$ und $C_1$ sein müssen. In diese feststehenden Sperrräder werden durch die Federn $F_a$ und $F_c$ die wiederum lose auf der Steuerwelle $s$ sitzenden Sperrhaken $a_0$ und $c_0$ gelegt, sobald nach geschehener Auslegung des motorisch wirksam gewesenen Sperrhakens $a_1$ oder $c_1$ Indicator und Executor übereinstimmende Lagen annehmen, und somit also eine beiderseitige Sperrung gegen zufällige Bewegungen des letzteren erzielt.

Bei Indication der positiven Drehung wird der derselben sich entgegensetzende Sperrhaken $a_0$ durch den Arm $\alpha_0$ ausgelegt, bevor infolge weiterer Bewegung des Indicators das Einlegen des Mitnehmers $a_1$ und die Executirung der Bewegung erfolgt, während welcher der die entgegengesetzte Bewegung hindernde Sperrhaken $c_0$ auf dem Sperrrade $C_0$ wirkungslos hingleitet. Analog ist der Vorgang bei Ausführung einer Drehung in negativem Sinne.

Der Mechanismus lässt sich durch eine Kapsel $K$

mit Durchbrechungen für die Bewegung der Hebel $J$ und $E$ einschliessen.

Das Anwendungsbeispiel in Fig. 5 und 6 zeigt ein Tachometer $T$, dessen Hülse $J$ als Indicator hier auftritt. Der vorhin beschriebene, in der Kapsel $K$ eingeschlossene Mechanismus besorgt die Uebertragung der regulirenden Bewegung des Tachometers auf die nach der Drosselklappe oder einem anderen Regulirungswerkzeug hin gehende executive Stange $E$, ohne dass dasselbe mit den dabei zu überwindenden Widerständen belastet ist, indem die dazu erforderliche Triebkraft vom Motor aus durch Welle $m_1$, Stufenscheibe $M_1$ und Treibriemen der Stufenscheibe $M$ mitgetheilt und vermittelst des mechanischen Relais in entsprechender Weise benutzt wird. Der executive Hebel $E_1$ ist hier dem indicirenden Hebel $J_1$ gerade gegenüber liegend angenommen, so dass die executive Bewegung annähernd so erfolgt, als seien $J_1$ und $E_1$ ein Balancier mit horizontaler Achse. Am äusseren Ende des Indicatorhebels $J_1$ ist ein Katarakt angegeben.

Die normale relative Winkelstellung von $J_1$ und $E_1$ könnte aber irgend eine andere sein, wenn man die Räderterne $A$, $B$, $C$ seitlich heraus, der Stufenscheibe $M$ gegenüber legte und die Verbindung von $C$ mit $C_1$ durch eine hohle Welle bewerkstelligte. Dann würde auch für die Arme $J_1$ und $E_1$ unbeschränkte Rotation ermöglicht, welche übrigens nach Bedürfniss beliebig weiter fortgepflanzt werden könnte.

### Mechanisches Interferenzrelais mit laufendem Rotationswendegetriebe und Sperrung.
(Blatt 26.)

Ist das Relais mit dem executiven Mechanismus vom Anfangspunkte der indicatorischen Leitung so weit entfernt, dass sie von diesem aus nicht direct beobachtet werden können, die sofortige Wahrnehmung unvorhergesehener Unregelmässigkeiten in der Maschinenanlage nicht möglich und die rechtzeitige Ergreifung entsprechender Gegenmassregeln erschwert ist, so kann es zweckmässig sein, ausser der Person, welche vermittelst der indicatorischen Leitung commandirt, einer zweiten bevollmächtigten Person am Relais ein directes Eingreifen zu gestatten in der Weise, dass durch dasselbe die von ersterer Stelle aus indicirte Bewegung nicht allein negirt, sondern statt dieser irgend eine andere geeignet erscheinende executive Bewegung vermittelst des Relais veranlasst werden kann, die jedoch an der ersten Commandostelle sichtbar zu machen ist.

Diese Aufgabe wird durch das sogenannte Interferenzrelais gelöst.

Dasselbe besteht zunächst aus einem gewöhnlichen Relais, welches sich in der auf Blatt 26 dargestellten Construction von derjenigen auf Blatt 25 nur in einigen Details unterscheidet, deren Anwendung mit der Aufgabe der Interferenz nicht zusammenhängt. In beiden Fällen sind die, gleichen Functionen dienenden Theile mit gleichlautenden Buchstaben bezeichnet, so dass eine nochmalige eingehende Beschreibung so weit entbehrlich ist. Statt der gezahnten Räder $A_1$, $A_0$, $C_1$, $C_0$ sind hier Keilräder angewendet, in welche sich die Mitnehmerexcentriks $a_1$ und $c_1$, sowie die Sperrexcentriks $a_0$ und $c_0$ unter der Wirkung der als Schraubenfedern $F_a$ und $F_c$ gebildeten Einleger einlegen, wenn die Stellung der Steuerwelle $s$ mit ihren Auslegerarmen $\alpha_1$ und $\alpha_0$, $\gamma_1$ und $\gamma_0$ (s. Darstellung dieser Theile in grösserem Massstabe in Fig. 5 bis 9) dies gestattet. Hier drehen sich die Räder $A$ und $A_1$ in negativem, die Räder $C$ und $C_1$ in positivem Sinne. Vermittelst der an den Auslegerarmen angebrachten Stellschrauben lässt sich die Stellung der Mitnehmer- und Sperrexcentriks so reguliren, dass die zur Aufhebung der Sperrung und Einleitung der Executivbewegung erforderliche Steuerbewegung des Indicators auf ein sehr kleines Mass reducirt wird.

Der Indicatorarm $J_1$ ist hier beispielsweise kürzer angegeben als der zweifache, vorn bügelartig sich schliessende Executorarm $E_1$, an welchem die gegabelte Executorstange $E$ angreift. Ferner greift hier die elastische Steuerstange $S$ an einer winkelhebelartigen Ausbildung des Indicatorarmes $J_1$ einerseits und an dem gegabelten, auf der Steuerwelle $s$ festgestifteten Steuerhebel $S_1$ andererseits an. Der deutlicheren Darstellung wegen ist das Glied $S$ in der Seitenansicht, Fig. 2, abgebrochen angegeben, im Grundriss, Fig. 3, aber ganz weggelassen, ebenso an letzterem Orte die gegabelte Partie des Hebels $J_1$ und der Steuerhebel $S_1$.

Diesem Relais ist nur der lose auf der Nabe des Steuerhebels $S_1$ sitzende, mit Handgriff versehene Interferent $J_0$ beigefügt, der bei Nichtbenutzung hinsichtlich des die Steuerwelle $s$ tragenden zweifachen Winkelhebels $E_1$ in der wirkungslosen Mittellage dadurch erhalten wird, dass die von seinen beiden unteren Ausläufern ausgehenden Federn $F_i$ sich gespannt gegen die Hebelarme $E_1$ legen. Die von Hand willkürlich ausführbare Bewegung dieses Interferenten $J_0$ wird nun dazu benutzt, zunächst den Indicator $J$ mit dem Executor $E$ so zu kuppeln, dass beide die von der interferirenden Person beabsichtigte Bewegung gemeinschaftlich ausführen müssen, und dann vermittelst entsprechender Steuerung des Relais die verlangte executive Bewegung einzuleiten.

Zur Kuppelung von Indicator $J$ und Executor $E$ dient der Keilradsector am Ende von $J_1$ einerseits und die vom Ende der Verlängerungen von $E_1$ ausgehenden Keilexcentriks $K_a$ und $K_c$ andererseits (s. specielle Darstellungen in Fig. 10 bis 14), welche jedoch in ihren normalen Stellungen beim Nichtgebrauch des Interferenzmechanismus nicht in Eingriff mit $J_1$ stehen, indem sie durch die Feder $F_k$ gegen den Arm $K_1$ (Fig. 10) gepresst erhalten werden. Wird der Interferent $J_0$ um die Steuerwelle $s$ in positivem Sinne gedreht, so erfahren vermittelst der beiden Stangen $K$ der Arm $K_1$ und mit Beihilfe der Feder $F_k$ die Keilexcentriks $K_a$ und $K_c$ eine Drehung aufwärts d. h. in negativem Sinne, so dass das Keilexcentrik $K_a$ am Keilradsector $J_1$ zur Anlage kommt, während sich das Keilexcentrik $K_c$ von

letzterem noch mehr entfernt. Demnach ist eine Kuppelung zwischen dem Indicatorarm $J_1$ und dem Executorarm $E_1$ bezw. zwischen dem Indicator $J$ und dem Executor $E$ selbst derart bewerkstelligt, dass eine Drehung in negativem Sinne von $E$ auf $J$ übertragen werden kann.

Bei weiterer Drehung des Interferenten $J_0$ in bisherigem Sinne erfolgt Contact mit dem oberen Ende des Steuerhebels $S_1$, der nun vermittelst Steuerwelle $s$ und Ausleger $\alpha_0$ (s. Fig. 5 bis 9) das lose auf der Steuerwelle $s$ sitzende Keilexcentrik $a_0$ aus dem feststehenden Sperrkeilrade $A_0$ heraushebt, womit zunächst die Hemmung gegen Drehung des Executors in negativem Sinne aufgehoben wird. Hierauf bewirkt die weitere positive Drehung des Interferenten $Z_0$ um die Steuerwelle $s$ noch das Einlegen des Mitnehmers $a_1$ in das treibende Keilrad $A_1$. Nunmehr ist der Executor auch mit dem Motor gekuppelt, erhält von diesem vermittelst Antriebscheibe $M$ und Kegelrad $A$ Drehung in negativem Sinne und theilt diese mit Hilfe des Keilexcentrik $K_\alpha$ und Keilradsectors $J_1$ dem Indicator mit. Hierbei hat jedoch die indicatorische Leitung oder Triebwerkskette der Bedingung zu genügen, dass dieselbe sowol vom Indicator aus nach dem Relais hin, als auch von letzterem aus nach dem Indicator hin getrieben werden kann d. h. motorisch umkehrbar zu sein, damit die vom Interferenten veranlassten executiven Bewegungen an der Indicatorstelle referirt werden.

Die executive Bewegung dauert fort, so lange der Interferent $J_0$ mit einem positiven Momente behaftet, in Drehung bleibt. Lässt die interferirende Person denselben los, so kehrt er vermöge der schon erwähnten, ihm anhaftenden Federn $F_i$ in seine Mittellage zurück und die mit dem Motor gemeinsame Bewegung von Executor und Indicator wird beendigt.

Soll Drehung in positivem Sinne durch den Interferenten veranlasst werden, so ist derselbe in negativem Sinne um seine Achse zu drehen, um in analoger Weise wie vorhin: 1) Kuppelung des Executors mit dem Indicator, 2) Lösung der Sperrung d. h. der Kuppelung des Executors mit dem Gestelle $G$, bezw. mit dem an letzterem befestigten Keilrade $C_0$ und 3) Kuppelung des Executors mit dem motorischen Keilrade $C_1$ zu bewerkstelligen, wofür ganz analog construirte Organe dienen. Nach Zurücklegung dieses für die Steuerung dienenden Drehwinkels erfolgt die executive Bewegung in positivem Sinne und in dem Masse, welches durch die Drehung des Interferenten um die Hauptachse $m$ vorgeschrieben wird.

Durch das Gegengewicht $Q$ ist der Interferent $J_0$ hinsichtlich der Steuerwelle $s$ äquilibrirt, so dass er in jeder Stellung des Executorhebels $E_1$ in seiner, übrigens durch die gespannten Federn $F_i$ angestrebten Mittellage bleiben kann.

Wie schon bei dem vorigen mechanischen Relais, Blatt 25, bemerkt, liesse sich auch beim Interferenzrelais die Kegelräderterne aus der Mitte des Mechanismus herauslegen, so dass den Hebeln $J_1$ und $E_1$ unbeschränkte Rotation gestattet ist. Die in vorliegendem Beispiele dargelegten Bewegungsvorgänge in ihrer Verallgemeinerung bieten die Grundlage, nach welcher andere Interferenzrelais mittelst irgendwelcher Wendegetriebe unschwer geschaffen werden können.

### Mechanische Relais mit ruhenden Rotations-Wendegetrieben. (Blatt 27.)

Das in Fig. 1 bis 5 dargestellte mechanische Relais mit ruhendem Rotations-Wendegetriebe empfängt die treibende Kraft durch das Rad $M$ und die Welle $m$. Das Wendegetriebe besteht aus der Räderterne $A$, $B$, $C$ und den Armen $A_1$ und $C_1$, auf deren hohlen Wellen die Räder $A$ und $C$ befestigt sind. An den äusseren Enden dieser Arme sind Bolzen festgestiftet, welche die als Keilexcentriks gebildeten Mitnehmer $a$ und $c$ tragen. Die Räderterne mit jenen Armen sei zunächst in Ruhe, während das auf der Welle $m$ befestigte zweifache Keilrad $M_a - M_c$ ununterbrochen und zwar in positivem Sinne rotiren möge, ohne dass die Mitnehmer $a$ und $c$ mit demselben in Eingriff sind. Der Indicator $J$, hier als Handkurbel angegeben, ist auf der Welle $s$ festgekeilt. Derselbe ertheilt vermittelst der Räderterne $A_i, B_i, C_i$ ($A_i$ und $C_i$ sitzen lose auf den zu den Mitnehmerarmen $A_1$ und $C_1$ gehörigen hohlen Wellen) und der Bolzen $\alpha$ und $\gamma$ den zur Aufnahme der letzteren radial geschlitzten Mitnehmern $a$ oder $c$ die zur Herstellung des Eingriffs mit $M_a - M_c$ erforderliche Drehung, nach deren Vollendung die motorische Kraft entweder direct durch Arm $C_1$ oder indirect durch den Arm $A_1$ und die Räder $A$, $B$, $C$ nach dem executiven Rade $E$ geleitet wird, in dem Sinne und dem Masse wie dies die Bewegung des Indicators $J$ bedingt.

Uebrigens könnte die Ausleitung der Kraft von irgend einem der Räder $A$, $B$, $C$, also z. B. auch durch die Scheibe $R$ erfolgen.

Die Lagerung der Wellen $m$ und $s$, sowie der coaxialen hohlen Wellen ist durch drei, zum Gestelle $G$ vereinigte Lager bewerkstelligt.

Beim Anhalten des Indicators $J$, welcher während des Ganges des Relais dem Executor $E$, bezw. der durch die Räder $C$ und $B$ mit ihm zusammenhängenden Scheibe $R$, um den Steuerwinkel vorauseilt, erfolgt vermöge der Trägheit der bewegten Massen deren Weiterbewegung und damit Ausrückung des betreffenden Mitnehmers und des durch ihn getriebenen Executors; dann werden vermittelst der gespannten Feder $F_i$, welche sich gegen die beiden Vorsprünge $r$ der Scheibe $R$ und zugleich gegen die Vorsprünge $i$ des Indicators $J$ anzulegen sucht, der Indicator $J$ und der Executor $E$, bezw. die Scheibe $R$, wieder in correspondirende Lagen zurückgeführt, welchen der Ruhezustand des Wendegetriebes entspricht, während jedoch die treibenden Räder $M$ und $M_a - M_c$ ununterbrochen sich weiter bewegen.

Statt des Keilgesperres oder Zahngesperres, des inneren oder äusseren Eingriffs können zu vorliegenden Zwecken auch anders gebildete Gesperre in Anwendung

kommen, wie die beiden nun folgenden als Uebertrager für Geschwindigkeitsregulatoren benutzbaren Beispiele zeigen.

In dem mechanischen Relais mit ruhendem Rotations-Wendegetriebe, Fig. 6 und 7, ist der als Hülse (Tachometerhülse) gebildete Indicator $J$ auf der treibenden Welle $m$ auf und ab beweglich, während er vermöge des eingefügten prismatischen Mitnehmers mit derselben rotirt. Die als zweifaches Frictionsrädchen $M_a - M_c$ gebildete Kuppelhülse, durch prismatischen Mitnehmer von der Welle $m$ getrieben und auf dieser axial verschiebbar, kommt mit den entsprechend hohlkegelförmig gebildeten Rädern $A$ und $C$ in Contact. Dies geschieht der axialen Bewegung des Indicators entsprechend durch den aus folgenden Gliedern bestehenden Steuermechanismus: Winkelhebel $S$, welcher mit seinem horizontalen gegabelten Arm in eine Rinne der Indicatorhülse $J$ greift; Stange $S_1$; Doppelhebel $S_2$; Stange $S_3$, welche die Welle $m$ mit einer ringartigen Erweiterung umschliesst, und endlich Winkelhebel $S_4$, dessen Winkelbewegung die entsprechende axiale Verschiebung von $M_a - M_c$ bewirkt.

Die Bewegung des eingerückten Wendegetriebes theilt sich der Schraube $E_3$ mit, hat die Verschiebung der Mutter $E_2$ und damit die Drehung des dreifachen Hebels $E_1$ zur Folge, welcher mit seinem unteren Ende in die Mutter $E_2$ eingreift und dieselbe zugleich so umschliesst, dass deren Drehung um die Schraubenachse verhindert wird. Oben trägt der Hebel $E_1$ den Winkelhebel $S$ und endlich an seinem rechten Arm die executive Stange $E$.

Somit wird unter Beihilfe der disponiblen motorischen Kraft die alternirende Bewegung der Indicatorhülse $J$ in eine entgegengesetzt gerichtete alternirende Bewegung der executiven Stange $E$ umgesetzt. Es könnten aber auch indicatorische und executive Bewegung in gleichem Sinne erfolgen, wenn die executive Stange $E$ auf der entgegengesetzten Seite des Executorhebels $E_1$ angriffe, wie übrigens von dem Rade $B$ bis zum Executorhebel $E_1$ irgend ein Glied des executiven Mechanismus zur Umsetzung und Fortpflanzung der executiven Bewegung benutzt werden könnte.

Eine ähnliche Combination zeigt das in Fig. 8 und 9 dargestellte mechanische Relais mit ruhendem Wendegetriebe. Auf der motorischen Welle $m$ sitzt, mit derselben rotirend, die axial verschiebbare Indicatorhülse $J$, deren Schiebung dem zu beiden Seiten von $m$ herabgehenden und oben ringartig geschlossenen Gliede $J_1$ und weiterhin dem anschliessenden Steuerwinkelhebel $S$ mitgetheilt wird, dann der ringartig um die Welle $m$ herumgehenden Stange $S_1$, dem Winkelhebel $S_2$, der Stange $S_3$ und schliesslich der Schwinge $S_4$, welche die Frictionsscheibe $M_a - M_c$ mit dem Rade $A$ oder $C$ bezw. deren hohlkegelartigen Ausbildungen in Eingriff bringt.

Die motorische Bewegung wird nun von der Welle $m$ aus durch $M_c$ und $C$ oder $M_a$, $A$, $B$ und $C$ der Schraube $M_s$ und dem, hier als Sector vertretenen Schraubenrade $E_s$ mitgetheilt, um vermittelst Hebel $E_1$ und executiver Stange $E$ oder sonst wie in einer den Bedürfnissen entsprechenden Weise weiter geleitet zu werden.

## Dictatoren. (Blatt 28.)

Dictatorisch wirkende Relais oder kurzweg Dictatoren nennen wir solche Relais, deren Indicator dem Executor ungehemmt voreilen kann, derart dass die beabsichtigte executive Bewegung nach Sinn und Mass beliebig rasch vorgezeichnet, d. h. das Bewegungscommando so zu sagen als Dictat im Mechanismus zum Ausdruck gebracht werden kann. Es ist die freie Voreilung des Indicators gegenüber der gebundenen Bewegung und der gespannten Voreilung, mit welch letzterer zwar die Beziehung $v_i \geq v_e = v_m$ gemeinsam giltig ist.

Das dictatorisch wirkende Relais in Fig. 1 bis 6 empfängt die Triebkraft durch das Rad $M$ und die Welle $m$. Das Wendegetriebe besteht aus der Räderterne $A$, $B$, $C$ und den beiden in entgegengesetzten Richtungen rotirenden Keilrädern $A_1$ und $C_1$, welchen wie bisher die Mitnehmer $a$ und $c$ (lose auf der Steuerwelle $s$) mit den Auslegern $\alpha$ und $\gamma$ (festgestiftet auf der Welle $s$) sowie die Spannfedern $F_a$ und $F_c$ angehören, deren Construction mit der auf Blatt 26 dargestellten übereinstimmt. Das die Steuerwelle $s$ tragende executive Rad, lose auf den Naben der Keilräder $A_1$ und $C_1$ sitzend, ist hier als trommelförmige Riemenscheibe angegeben. Indicator ist das Rad $D$, hier in engerer Bedeutung **Dictator** genannt. An der Drehung des Dictators nimmt vermöge der Mitnehmerbolzen $d$ die Steuerscheibe $S$ theil, an deren Umfang eine Zahnlücke ausgespart ist zur Aufnahme des Triebstockes des Steuerhebels $S_1$ auf der Steuerwelle $s$. Nach Ausführung der zur Einlegung des Mitnehmers $a$ oder $c$ in das Keilrad $A_1$ oder $C_1$ erforderlichen Steuerbewegung folgt der Executor $E$ dem Dictator mit der Geschwindigkeit des Motors nach.

Wurde beim Voreilen des Dictators $D$ die Steuerscheibe $S$ vermittelst der mit dem executiven Rade $E$ prismatisch gekuppelten Executorschraube $E_s$ in axialer Richtung verschoben, so wird sie in dem Masse, wie der Executor $E$ dem Dictator $D$ nachkommt, wieder zurückgeschraubt bis zu ihrer früheren Mittelstellung, wenn ersterer den letzteren eingeholt hat, wo dann der Triebstock des Steuerhebels $S_1$ in die Zahnlücke zurück gefallen und somit der wirksam gewesene Mitnehmer wieder ausgelegt ist.

Behufs Ablesung der dictirten und der executirten Bewegung dient die beigefügte Registratur $R$, welche durch die Fig. 3 bis 6 in grösserem Massstabe speciell dargestellt ist. Die Executorschraube $E_s$ setzt sich als Welle $e$ und weiterhin als Schraube $S_e$ fort. Ebenso ist auf der mit dem Dictator verkeilten hohlen Welle die Schraube $S_d$ von gleicher Ganghöhe wie erstere angebracht. Diesen Schraubenspindeln entsprechen die Schraubenmuttern $R_d$ und $R_e$, deren Drehung durch prismatisches Eingreifen in die Schlitze der auf der umschliessenden Kapsel $R_1$ befestigten Platte $R$ verhindert

wird. Demnach werden die Drehbewegungen von $E$ und $D$ durch proportionale geradlinige Bewegungen der mit Zeigern versehenen Muttern $R_d$ und $R_e$ auf der Platte $R$ dargestellt, so dass dieselben als Dictat und Referat an der angebrachten Scala zu jeder Zeit abgelesen werden können.

Der Einholung des Dictators $D$ durch den Executor $E$ entspricht also das Zusammentreffen des die Execution referirenden Zeigers mit dem dictatorischen Zeiger. Dass das directe Commando rückgängig gemacht werden kann, ohne dessen Vollführung erst abwarten zu müssen, bedarf keiner Erklärung.

Der in Fig. 7 bis 10 dargestellte Dictator mit Spirale ist mit einem mechanischen Relais versehen, dessen Construction im Wesentlichen mit derjenigen in Fig. 1 und 2 übereinstimmt, wie übrigens auch aus den eingeschriebenen Buchstaben hervorgeht, die in beiden Fällen von gleicher Bedeutung sind.

Der eigentliche Dictator $D$ sitzt auf einer hohlen Welle festgekeilt, an deren anderem Ende der prismatische Arm $d$ mit dem darauf schiebbaren Steuerschlitten $S$ sitzt. Letzterer greift mit seinem vorspringenden Triebstock in den gabelartig gebildeten, auf der Steuerwelle $s$ festgestifteten Steuerhebel $S_1$ ein, vergl. Fig. 9 und 10, so dass wie im vorigen Falle durch den Dictator zunächst die zur Einleitung der dictirten executiven Bewegung erforderliche Steuerbewegung ausgeführt wird, nach deren Vollendung ein Voreilen des Dictators das Austreten des Triebstockes $S$ aus der Hebelgabel $S_1$ und eine Fortbewegung desselben in dem spiralförmigen Schlitze der am Executor $E$ befestigten Scheibe $E_s$ zur Folge hat, wobei sich der Steuerschlitten $S$ auf dem Arme $d$ entsprechend verschiebt.

Mit der Einholung des Dictators $D$ durch den Executor $E$ ist die Wiederherstellung der anfänglichen Relativstellung, die Rückkehr des Triebstockes $S$ in die Hebelgabel $S_1$ und das Stilllegen des Executors verknüpft und somit die Vollstreckung der dictirten Bewegung geschehen.

Das Mass der dictirten Bewegung lässt sich an der am Gestelle $G$ befestigten Scheibe $R$ ablesen, in deren spiralförmigen Schlitz ein vom Schlitten $R_d$ vorspringender Zapfen gleitet, indem er am Arme $D_1$, welcher mit dem Dictator gekuppelt ist, der Drehung des letzteren folgt und dabei auf ersterem sich radial verschiebt.

Der auf der Executorwelle $e$ aufgesteckte Zeiger $R_e$ giebt mit seiner Rotation die executive Bewegung an und kommt in der Winkelstellung zur Ruhe, in welcher der Executor den Dictator eingeholt hat, wo dann die Richtungen von $R_d$ und $R_e$ übereinstimmen.

Uebrigens könnte mit Beibehaltung der Executorspirale $E_s$ die Registrirung mit Schrauben statt der Scheibe mit spiralförmigem Schlitz in der vorhin beschriebenen Weise stattfinden, sowie auch von der Substitution anderer mechanischer Relais für die Zwecke des Dictators an Stelle der hier angewendeten Gebrauch gemacht werden.

## Mechanische Relais mit intermittirenden Wendegetrieben.

Die bisher beschriebenen mechanischen Relais sind auch dann verwendbar, wenn die Bewegung des treibenden Rades nicht ununterbrochen in einer Richtung, sondern in wechselndem Sinne d. h. oscillatorisch stattfindet, wie dies durch ein Kurbelgetriebe oder in anderer Weise leicht bewirkt werden kann. Die grösste mittlere executive Geschwindigkeit ist dann der Summe der in der gleichen Zeit und in dem betreffenden Bewegungssinne stattgefundenen motorischen Wege entsprechend, also bei gleicher Winkelgeschwindigkeit des rotirenden und des oscillirenden treibenden Rades in letzterem Falle höchstens halb so gross wie in ersterem.

Mit Beibehaltung der bisherigen Mitnehmer $a_1$ und $c_1$ lässt sich aber dasselbe Resultat auch dann erreichen, wenn die beiden einseitig und einander entgegengesetzt wirkenden Sperrräder $A_1$ und $C_1$ zu einem einzigen, aber beiderseitig wirkenden oscillirenden Sperrrade vereinigt werden. Hierdurch gelangen wir zu dem in Fig. 11 und 12 dargestellten intermittirenden mechanischen Relais, welches uns von der Einleitung her schon bekannt, nämlich seiner Construction nach mit dem Francis'schen indirecten Uebertrager identisch, in seiner Wirkungsweise aber vermöge der hier vorliegenden motorischen Umkehrung von ihm wesentlich verschieden ist. Die eingeschriebenen Buchstaben in ihren bisherigen Bedeutungen machen eine besondere Beschreibung überflüssig.

An Stelle des Steuerbogens $S$ könnte auch ein von der Scheibe $J_1$ vorspringender Zapfen dienen, auf welchem die zwei von dem entsprechend ausgebildeten Arme $E_1$ ausgehenden Sperrhaken einander zugekehrt und seitlich neben einander angeordnet in der Weise zu ruhen hätten, dass dieselben bei übereinstimmender Lage von $J_1$ und $E_1$ ausser Eingriff gehalten, bei stattfindender Ablenkung aber im Sinne der indicirten Bewegung zur Wirkung gebracht werden.

Auch liessen sich die bei den vorhergehenden mechanischen Relais beschriebenen Steuerungen für das intermittirend wirkende Relais in Anwendung bringen.

## Dictatorisch wirkender Centrifugalregulator.*)

(Blatt 29.)

Fig. 1 bis 4 zeigen die Verwendung des dictatorisch wirkenden Relais als Uebertrager für einen Centrifugalregulator. Betrieb des Tachometers $T$ von der Antriebscheibe $M_t$ aus durch Welle $m$, Kegelräder $Z_1$ und $Z_2$.

*) Die Knappheit des hier gebotenen Raumes nöthigt, die Beschreibung der vorliegenden Regulatoren auf die Darlegung des kinematischen Zusammenhanges ihrer Organe vorläufig zu beschränken: in Einklang mit der bisher geübten allgemeinen Auffassung der Probleme mögen jedoch auch hinsichtlich der Regulatoren die für sie giltigen Grundsätze noch kurz vorausgeschickt werden.

Die primitive Aufgabe der Regulatoren besteht im Allgemeinen darin, das Verhältniss zweier veränderlicher Grössen in vorgeschriebener Gesetzmässigkeit zu erhalten. Die Lösung kann im Allgemeinen in zweierlei Weise geschehen, indem die eine oder die andere der beiden veränderlichen Grössen als Urvariable oder, wie

Letzteres sitzt auf der mit Oelbecken versehenen hohlen Welle $t$ festgekeilt. Das nun folgende hier beispielsweise angewendete Werner'sche Tachometer hängt mit seiner zweitheiligen oberen Hülse $t_0$ an der mit Anlauf versehenen Welle $t$, empfängt aber behufs ruhigen Ganges bezw. Vermeidung von Vibrationen die Drehbewegung nicht direct von dieser, sondern vermittelst eines elastischen Mitnehmers. Derselbe wird durch die zwei Hälften eines Kautschukringes gebildet, welche im Inneren der Hülse $t_0$ eingespannt sind und sich einerseits gegen einen prismatischen Vorsprung der letzteren, andererseits gegen einen ebensolchen der hohlen Welle $t$ stützen; siehe Fig. 1, 2 und 4.

Die Hülse $t_0$ trägt die Centrifugalpendel des Tachometers, welche dem glockenartig gebildeten Belastungsgewichte $Q$ durch Umgreifen der im Inneren desselben befestigten prismatischen Schienen die Drehbewegung mittheilen. Die verticale bezw. axiale Führung der Glocke $Q$ geschieht durch deren Hülse $q$ an der centralen Welle $m_s$. Durch diese Einrichtung wird die auf die Tachometerhülse reducirte eigene Reibung des Tachometers wesentlich vermindert.

Diese centrale, zur Steuerung gehörige Welle $m_s$ wird vermittelst der besonderen Antriebscheibe $M_s$ und der Kegelräder $Z_3$ und $Z_4$ betrieben. Unten sitzt auf derselben die Hülse $H_0$, welche sich zwar vermöge eines in Fig. 1 im Schnitt sichtbaren durchgehenden Riegels mit der Welle $m_s$ dreht, andererseits aber den axialen Bewegungen der Tachometerhülse $q$ folgt, mit welcher sie durch den zweitheiligen, passend umschliessenden Ring $H$ gekuppelt ist. Dabei gleitet der vorerwähnte Mitnehmerriegel in dem angegebenen Schlitze der Welle $m_s$, deren Drehgeschwindigkeit vermöge des besonderen Antriebes unabhängig von der hohen Tourenzahl des Tachometers nach den Erfordernissen der Steuerung des Wendegetriebes entsprechend, kleiner gewählt werden kann. Demnach führt der auf der Hülse $H_0$ befestigte Steuerdaumen (Steuerscheibe) $S$ die indicatorische bezw. dictatorische Verticalbewegung des Tachometers aus.

In der gezeichneten mittleren, der normalen Geschwindigkeit entsprechenden Tachometerstellung dreht sich der Steuerdaumen $S$ mit Spielraum frei unter der Anschlagscheibe $C_s$ und über der Anschlagscheibe $A_s$. Diese Scheiben $A_s$ und $C_s$ (s. hauptsächlich Fig. 2 und 3) sitzen zwischen Stellringen lose auf verticalen Achsen, welche in den von der Hülse $H_s$ ausgehenden unteren Armen $a_1$ und $c_1$ prismatisch geführt und oben als Schrauben gebildet sind. Diese werden von Schraubenmuttern umschlossen, durch deren gleichzeitige Drehung die Anschlagscheiben $A_s$ und $C_s$ behufs Regulirung des dem rotirenden Steuerdaumen $S$ zu bietenden Spielraumes axial in entgegengesetzten Richtungen bewegt werden können. Es geschieht dies von dem Handrädchen $O$ aus, dessen Welle in den Armen $a$ und $c$ gelagert ist, vermittelst der Schrauben $S_a$ und $S_c$ und der eingreifenden Schraubenräder $Z_a$ und $Z_c$, welche den vorerwähnten, in den Armen $a$ und $c$ cylindrisch gelagerten und gegen axiale Verschiebung gesicherten Schraubenmuttern angehören.

Auf diese Weise lässt sich erreichen, dass schon infolge einer sehr kleinen Geschwindigkeitsänderung bezw. einer geringen Verticalbewegung der Tachometerhülse $q$ das Executivgetriebe in Gang gesetzt wird, oder aber das häufige In- und Aussergangsetzen des Executivgetriebes durch periodisch wiederkehrende unschädliche Geschwindigkeitsschwankungen vermeiden. Bei Geschwindigkeitsabnahme schlägt der Steuerdaumen $S$

---

man sich ausdrücken dürfte, als Basis der Regulirung benutzbar ist, jedoch stets nur annähernd, denn ohne eine Differenz zwischen dem wirklichen Verhältnisse der beiden Grössen und dem vorgeschriebenen Verhältnisse derselben ist die Veranlassung der geeigneten Veränderung der abhängigen Variablen d. h. die eigentliche Regulirung nicht möglich. Bei den Geschwindigkeitsregulatoren ist nothwendiger Weise diese Urvariable die Zeit, da diese selbst unveränderbar ist. Für die gleichzeitige Regulirung verschiedener Grössen oder von Grössencombinationen bei Vorgängen in der Maschinenarbeit lässt sich irgend eine der auftretenden Grössen als determinirende Grösse d. h. als Basis für die Regulirung benutzen. Dieses Verfahren mit der Mannigfaltigkeit seiner Ergebnisse ist analog der Reuleaux'schen Behandlungsweise der kinematischen Ketten (Festhaltung eines Gliedes) und dürfte besonders auf dem Gebiete der mechanischen Technologie dem schaffenden Maschinen-Ingenieur sich als fruchtbar erweisen.

Die Organe eines vollständigen Regulators sind:

1) Der Indicator d. h. diejenige Einrichtung, welche das Mass der zu regulirenden Grösse bezw. deren Veränderungen fortwährend angiebt.

2) Das executive Organ, der Modificator oder Moderator (Schützen, Drosselklappe), dessen Bewegung unmittelbar oder mittelbar eine entsprechende Veränderung der variablen Grösse bedingt.

3) Der Uebertrager, zur Herstellung des erforderlichen Verhältnisses zwischen der Bewegung des Indicators und derjenigen des Modificators, wobei

4) der Motor die aufzuwendende mechanische Arbeit zu leisten hat. — Derselbe ist nicht immer als besondere Maschine vertreten; so werden bei den Geschwindigkeitsregulatoren der Kraftmaschinen in der Regel diese selbst zur Verrichtung der Regulirarbeit benutzt.

Die Gesammtheit dieser Organe bildet den Regulator. Dieselben sind absolut nothwendig und stets nachweisbar. So ergeben sich als Indicatoren für die Regulirung der Geschwindigkeit: Tachometer, der Feuchtigkeit: Hygrometer, der Temperatur: Thermometer, des Druckes: Druckmesser, Barometer u. s. w. Auf allen diesen Gebieten sind directe und indirecte Uebertragung zu unterscheiden und ergeben sich für die Wirkungsweise der Regulatoren analoge Gesetze. So ist beispielsweise zu dem von Rietschel & Henneberg in Berlin construirten und patentirten Feuchtigkeitsregulator für Wohnräume, welcher vermittelst elektrisch ein- und auslösbarer indirecter Uebertragung nach der Feuchtigkeitsquelle hin wirkt, zu bemerken, dass derselbe, analog den Geschwindigkeitswellen bei Geschwindigkeitsregulatoren mit gewöhnlicher indirecter Uebertragung, im Zustande der Luft Feuchtigkeitswellen ergeben wird, welche bei geeigneter Anwendung des mechanischen Relais für die Uebertragung wegfallen würden.

Wenn auch auf eine weitere Verfolgung des Problems der Regulatoren hier verzichtet werden muss, so ist doch in der Combination der bezeichneten Organe die elementare Grundlage gegeben, auf welcher Regulatoren für irgend welche Grössen sich erfinden lassen. Dass die angeführten Sätze sich nicht blos auf die Beherrschung der Maschine gegenüber störenden Einflüssen anwenden lassen, sondern auch übertragbar sind auf die bewusste Thätigkeit des Menschen überhaupt, wo es sich um die Erhaltung bestimmter Zustände oder um die Sicherung der Durchführung von zum Voraus durch unseren Willen vorgezeichneten Processen in der uns umgebenden Körperwelt handelt, — darauf hinzuweisen, möge schliesslich noch gestattet sein.

an der Scheibe $A_s$, bei Geschwindigkeitszunahme derselbe Steuerdaumen an der Scheibe $C_s$ an, in ersterem Falle dem mit den Armen $a$ und $a_1$, $c$ und $c_1$ versehenen Scheibenträger $H_s$ (von oben d. h. im Grundriss betrachtet) eine Linksdrehung, in letzterem Falle eine Rechtsdrehung ertheilend, während dieser in den Stellungen des Steuerdaumens $S$ zwischen den Scheiben $A_s$ und $C_s$ dadurch in seiner mittleren Drehlage erhalten wird, dass der Steuerdaumen an den Naben dieser Scheiben vorbeistreift.

Das Executivgetriebe empfängt die motorische Kraft von der lose auf der Welle $m$ sitzenden Stufenscheibe $M$ und der an dieser befindlichen breiten Riemenscheibe durch einen verschiebbaren offenen Riemen, wenn derselbe von seiner wirkungslosen Mittellage aus, in welcher er unten auf der losen Scheibe $B$ liegt, nach rechts oder links auf eine der benachbarten Scheiben $A$ oder $C$ geschoben wird. Auf der ebenfalls losen Scheibe $A$ liegend, treibt er vermittelst der Kegelräderterne $A_1, B_1, C_1$ die nach dem Schützen hin gehende executive Welle $E$ in der einen Richtung, auf der Scheibe $C$ liegend, welche auf der Welle $E$ befestigt ist, diese direct und in entgegengesetzter Richtung.

Die Steuerung des Wendegetriebes d. h. die Verschiebung des Riemens nach Massgabe der indicirenden Bewegung der Tachometerhülse $q$ geschieht vermittelst des Steuerdaumens $S$ und der Anschlagscheiben $A_s$ und $C_s$ am drehbaren Scheibenträger mit dem von ihm ausgehenden Arm $S_1$, dem Kreuzgelenk $S_2$ und der in den Gestellarmen $G_s$ gelagerten Riemengabel $S_4$ (Fig. 3).*)

Um der Wirkung eines mechanischen Relais entsprechend eine der Indicatorbewegung proportionale Executivbewegung zu erzielen, ist der Scheibenträger $H_s$ parallel zur Tachometerwelle zu bewegen. Dies erfolgt bei eingerücktem Wendegetriebe von dem Zwischenrade $B_1$ aus vermittelst der Stirnräder $Z_5$ und $Z_6$ und der oben als Schraube gebildeten Welle $e$, deren Drehung Verticalverschiebung des mit einer Schraubenmutter versehenen Steuerschlittens $R_s$ bedingt, an welchem wiederum der Steuerscheibenträger $H_s$ drehbar gelagert ist. Dieser Steuerschlitten $R_s$ ist mit schwalbenschwanzförmiger Profilirung prismatisch an dem, mit dem Gestelle $G$ verschraubten Klotze $R$ geführt. Bei dieser Verticalbewegung der Vorsteuerung an sich bleibt die Stellung der Riemengabel zunächst unverändert, indem der gabelförmig gestaltete Steuerhebel $S_1$ mit seinem langen Gabelzapfen in dem Kreuzgelenke $S_2$ sich wirkungslos verschieben kann.

Demnach folgt der Steuerschlitten $R_s$ der axialen indicatorischen Bewegung des Steuerdaumens, sobald derselbe das Wendegetriebe eingerückt hat, und findet beim Zusammentreffen beider wieder Ausrückung und Abstellung der executiven Bewegung statt. Wir können demnach in jedem Beharrungszustande aus der Stellung des am Steuerschlitten $R_s$ angebrachten Zeigers hinsichtlich der am Klotze $R$ angebrachten Scala sowol die Geschwindigkeit der Maschinenanlage als auch zugleich die ihr bestimmt entsprechende Schützenstellung erkennen, während bei Uebergängen von einem Beharrungszustande zu einem anderen d. h. während der regulirenden Thätigkeit des Regulators das Tachometer durch seinen Stand jederzeit die Geschwindigkeit der Maschinenanlage richtig angiebt.*)

*) Wenn auch der Steuerdaumen $S$ langsam rotirt, so ist doch behufs weiterer Reduction der Stösse beim Anschlagen desselben an die Scheiben $A_s$ und $C_s$ und zur Erzielung einer allmäligen Verschiebung des Riemens die Verbindung der Stange $S_3$ mit der Riemengabel $S_4$ elastisch hergestellt, indem zwei, in der Riemengabelhülse eingekapselte gespannte Schraubenfedern sich gegen einen Stellring auf der Stange $S_3$ stützen.

### Centrifugalregulatoren mit schwebender Aufhängung. (Blatt 30.)

Wird zu den Bewegungen der mechanischen Relais mit wandernder Steuerung eine Bewegung addirt, die gleich, entgegengesetzt und synchron ist mit demjenigen Wege der wandernden Steuerung, der nach geschehener Einrückung des Wendegetriebes proportional zum executiven Wege erfolgt, so ergiebt sich eine stationäre Steuerung. Das bisherige Gestell des indicatorischen Mechanismus hingegen erhält nun eine Bewegung, welche derjenigen der bisherigen wandernden Steuerung entgegengesetzt ist. Für die Centrifugalregulatoren resultirt hieraus die sogenannte schwebende Aufhängung, bei welcher die an der Tachometerwelle befindlichen Aufhängepunkte der Centrifugalpendel und diese Welle selbst ausser ihrer Drehung eine dem executiven Wege proportionale axiale Bewegung ausführen, wie die Constructionen auf Blatt 30 zeigen. Es lassen sich irgendwelche Wendegetriebe, wie sie für Regulatoren mit indirecter Uebertragung in Anwendung sind, auch für Regulatoren mit schwebender Aufhängung gebrauchen, oder bestehende Regulatoren in letztere umwandeln.

Fig. 1 bis 3 stellen einen Centrifugalregulator mit schwebender Aufhängung dar. $T$ Proell'sches Centrifugaltachometer; statt desselben könnte aber auch ein Watt'sches, Porter'sches oder anderes Tachometer benutzt werden. Das Belastungsgewicht $Q$ bildet übrigens nicht ein Stück mit der unteren Regulatorhülse $H_2$, sondern ist getrennt auf letztere gesetzt und wird durch Reibung mitgenommen, so dass die bei Geschwindigkeitsänderungen der Maschine in den Zahnrädern des Regulatorantriebes sonst vorkommenden Stösse sowie die besonders beim raschen Ingangsetzen der Maschine stattfindende starke Beanspruchung der Zähne wesentlich reducirt werden.

*) Hinsichtlich der Anordnung des Riemen-Wendegetriebes zeigt dieser Regulator Uebereinstimmung mit der vom Ingenieur David Ziegler im Hause J. J. Rieter & Co. in Töss bei Winterthur für Turbinenanlagen häufig angewendeten Construction, vermeidet aber die bei letzterer vermöge der dort angewendeten gewöhnlichen indirecten Uebertragung vorkommenden bedeutenden Geschwindigkeitsschwankungen, mit welchen der Uebergang von einem Beharrungszustand in einen neuen Beharrungszustand erfolgen muss, fast vollständig und dürfte deshalb für hydraulische Motoren besonders geeignet sein.

$M$ Antriebscheibe, vermittelst der Welle $m$ und der Kegelräder $M_1$ und $M_2$ die Rotation der Tachometerwelle $m_0$ bewirkend, welche unten in der dem Rade $M_2$ zugehörigen Hülse und oben in einer als Schraube $S$ gebildeten Buchse mit einem Ringzapfen gelagert ist. Die Regulatorhülse $H_2$ erhält die Drehbewegung von der Welle $m_0$ vermittelst eines Querkeils, an welchem sie sich jedoch vermöge des Schlitzes axial verschieben kann. Auf ihr sitzen die Räder $A$ und $C$, die nach einer kleinen verticalen Verschiebung mit dem Rade $B$ auf der Welle $m_e$ oben oder unten in Contact kommen und die executive Bewegung nach dem Schützen hin bewirken, wie es z. B. im vorliegenden Falle durch das Zahnrädergetriebe $Z_1$, $Z_2$ und die Welle $E$ geschieht.

Die der indicirten Bewegung entgegengesetzte, der executiven proportionale Bewegung wird hier dem Indicator bezw. der ihn tragenden Welle $m_0$ durch die Schraube $Z_3$ auf der Welle $E$ und Schraubenrad $Z_4$, welches, drehbar sich auf das Gestelle $G_0$ stützend, als Mutter die Schraube $S$ umschliesst, mitgetheilt, indem letztere, wie die Darstellung der mit einer Kopfschraube festgehaltenen prismatischen Feder zeigt, mit einer seitlichen Nuth am Gestelle $G_0$ geführt und dadurch verhindert ist, der Drehung der Schraubenmutter $Z_4$ zu folgen.

Jedem Beharrungszustande der mit dem Regulator zusammenhängenden Maschinenanlage entspricht eine mit der Geschwindigkeit des Tachometers correspondirende bestimmte axiale (in unserem Beispiel verticale) Stellung der Tachometerwelle bezw. der Aufhängepunkte der Centrifugalpendel und zugleich eine bestimmte Stellung des Schützens, soweit die Uebereinstimmung durch das axiale freie Spiel der Räder $A$ und $C$ oder bei deren Contact mit $B$ durch den zur Executivbewegung erforderlichen Druck zwischen den Reibungsrädern nicht beeinträchtigt wird.

Demnach dürfte der Schützen auch direct von der Tachometerwelle $m_0$ aus bewegt werden, ohne jedoch an deren Drehung theilzunehmen, wie in Fig. 4, wo die kugelförmige Endung der Welle $m_0$ von einer zweitheiligen, an der Stange $E$ angebrachten Hohlkugel umschlossen wird, oder (s. Fig. 8) vermittelst einer auf der Welle $m_0$ befestigten Hülse, Winkelhebel $E_1$ und executiver Stange $E$.

Der in Fig. 6 und 7 dargestellte Centrifugalregulator mit schwebender Aufhängung zeigt einige Modificationen im Wendegetriebe. Die zweifache Riemenscheibe $M_t$ für den Tachometerbetrieb wird einerseits vom Motor her betrieben, andererseits theilt sie die Bewegung der Riemenscheibe $R$ und weiterhin durch die Kegelräder $N$ und $O$ der Tachometerwelle $m_t$ mit, welche unten in einem axial beweglichen Fusslager sitzt und oben mit eingelegtem prismatischen Mitnehmer in der dem Kegelrade $O$ zugehörigen, mit Nuth versehenen Hülse gleitet. Die obere Tachometerhülse $H_1$ ist hier nicht auf der Welle $m_t$ festgekeilt, sondern ruht auf dem scheibenartigen Vorsprung einer auf letzterer befestigten Hülse, von welcher aus der Antrieb des ganzen Tachometers $T$ vermittelst Reibung geschieht, so dass bei Geschwindigkeitsschwankungen die Aeusserung der Massenkräfte auf das Reibungsmoment beschränkt ist. Immerhin ist auch hier, wie im vorbeschriebenen Falle, behufs leichteren Antriebes des Regulators das Belastungsgewicht $Q$ auf die centrale Hülse $V$, in welche die untere Regulatorhülse $H_2$ cylindrisch eingreift, nur aufgesetzt.

Zur Ausführung der Executivbewegung dient die Räderterne $A$, $B$, $C$ eines ruhenden Rotations-Wendegetriebes mit executiver Welle $m_e$, weiterhin die Stirnräder $Z_3$ und $Z_4$ und Welle $e$ mit Scheibe $E$. Wie früher wird durch Schraube ohne Ende $Z_5$, eingreifend in das zugleich als Schraubenmutter dienende Schraubenrad $Z_6$, mit dem als Schraube $S$ gebildeten, im Gestelle $G$ prismatisch geführten Fusslager die verticale Verschiebung der Tachometerwelle bewerkstelligt.

Die Mittheilung der für die Schützenbewegung erforderlichen motorischen Kraft erfolgt jedoch hier nicht von der Tachometerwelle aus, sondern eigens vom Motor aus vermittelst des Rades $M$ auf der Welle $m$ und der Kegelräder $Z_1$ und $Z_2$, von welchen letzteres auf der Hülse $W$ befestigt ist.

Diese Hülse wird einerseits von einer Lagerschale in der buchsenartigen centralen Ausbildung des Gestelles $G$ umschlossen, welches (s. Grundriss, Fig. 7) ringartig um das Rädergetriebe herum mit zwei Armen nach der Mitte hin geführt ist, andererseits umschliesst die Hülse $W$ die schon erwähnte Hülse $V$ und treibt diese, jedoch ohne deren mit der Tachometerhülse $H_2$ gemeinsame Verticalbewegung zu hindern, indem, wie in Fig. 5 durch Querschnitt sichtbar gemacht, Nuth auf Seite der Hülse $W$ und eingreifender prismatischer Mitnehmer auf Seiten von $V$ vorgesehen sind.

Oben und unten sind auf der Hülse $V$ die Frictionsscheiben $A_1$ und $C_1$ befestigt, welchen die mit den Naben der Zahnräder $A$ und $C$ verkeilten Frictionsscheiben $A_2$ und $C_2$ entsprechen. Erfolgt nun von der wirkungslosen mittleren Tachometerstellung aus bei Geschwindigkeitszunahme eine Aufwärtsbewegung der Hülse $V$, so werden die Frictionsscheiben $C_1$ und $C_2$, im entgegengesetzten Falle die Scheiben $A_1$ und $A_2$ gekuppelt und dadurch dem executiven Rade $B$ auf der Welle $m_e$ je entgegengesetzte Drehung ertheilt, bezw. der Schützen gesenkt oder gehoben.

Es wird zwar hier wie im vorigen Beispiel von der unteren Tachometerhülse $H_2$ und der angehängten Hülse $V$ nur die Steuerbewegung ausgeführt, hingegen eine von der Tourenzahl des Tachometers unabhängige, bedeutend geringere executive Geschwindigkeit des Wendegetriebes benutzt, so dass der beim Antriebe des Executivmechanismus sich entgegensetzende sonst erhebliche Massenwiderstand und die durch das anfängliche Gleiten entstehende fatale Abnutzung wesentlich reducirt werden. Ausserdem ist die zum wirksamen Einkuppeln der Frictionsscheiben erforderliche, den Empfindlichkeitsgrad des Regulators beeinträchtigende axiale Kraft durch den gewonnenen grossen Durchmesser dieser Scheiben vortheilhaft herabgemindert auch durch compendiöse An-

ordnung des ganzen Rädermechanismus dem äusseren Aussehen und dem Schutze der einzelnen Theile Rechnung getragen.

Mechanische Relais mit Stromwendung. (Blatt 31.)

Mechanisches Relais mit rotirendem Hahn (Doppelhahn). Löst man in dem Flüssigkeitswendegetriebe S. 518 u. 519, Fig. 9 auf Blatt 24, das Hahngehäuse von der Leitung in der Weise ab, dass dasselbe gemeinsam mit dem Hahnkegel rotiren kann, ohne dabei den durch ihre Relativlage bedingten Lauf der motorischen Flüssigkeit zu ändern, so ist ein mechanisches Relais mit wandernder Steuerung gewonnen, wenn mit dem Hahnkegel die indicatorische Bewegung ausgeführt wird, das bisherige Gehäuse hingegen eine der executiven Bewegung entsprechende Rotation erhält, wie dies die in Fig. 1 bis 6, Blatt 31, dargestellte Construction zeigt*). Mit dem Indicator $J$ auf der Welle $i$ wird der Hahn $V_i$ bewegt. Das rotirende Gehäuse $V_e$ empfängt seine Bewegung von der der indicirten Bewegung folgenden (hier nicht angegebenen) Kraftmaschine aus durch das Zahnrad $E$ auf der hohlen Welle $e$. Seine vier länglichen Kammern communiciren einerseits durch die Oeffnungen $O_1$, $O_2$, $O_3$, $O_4$ mit den ringförmigen Kammern I, II, III, IV des stationären Gehäuses $G$, an welche sich Admissionsleitung $L_1$, Exmissionsleitung $L_2$ und Wechselleitungen $L_3$ und $L_4$ nach und von der Kraftmaschine anschliessen, während an der inneren Seite die länglichen Oeffnungen 1, 2, 3, 4 entweder durch die Flügel $v_1$, $v_2$, $v_3$, $v_4$ des centralen Hahnkörpers überdeckt oder für die eine oder die andere Stromrichtung entsprechend geöffnet werden.

Die Bewegung der motorischen Flüssigkeit vom Oberreservoir $R$ (Accumulator, Dampfkessel) aus durch die executive Kraftmaschine $M$ hindurch nach dem Unterreservoir $R_1$ (Unterwasser, freie Atmosphäre, Condensator) geht bei positiver Bewegung des Indicators $J$ auf dem Wege:

$R$, $L_1$, I, 1, $V_i$, 3, III, $L_3$, $M$, $L_4$, IV, 4, $V_i$, 2, II, $L_2$, $R_1$,

bei negativer Drehung auf dem Wege:

$R$, $L_1$, I, 1, $V_i$, 4, IV, $L_4$, $M$, $L_3$, III, 3, $V_i$, 2, II, $L_2$, $R_1$

je mit entsprechendem Drehsinne der executiven Kraftmaschine vor sich. Voreilen derselben bezw. des rotirenden Hahngehäuses ergiebt Gegenwirkung der motorischen Flüssigkeit (Contredampf).

Fig. 15 und 16 zeigen die Verwendung eines derartigen Relais an einem Kapselräderwerk, dessen beide Räder in dem Gehäuse $A$, $B$ auf Wellen $a$ und $b$ sitzend, durch die Zahnräder $Z_a$ und $Z_b$ gekuppelt sind, welch letzteres mit Klauen zur weiteren Fortpflanzung der executiven Bewegung nach dem Executor hin versehen ist. Durch das Stirnrad $E_m$ auf der Welle $b$ wird das Rad $E$ des Relais getrieben, dessen Combination mit der Kraftmaschine im Uebrigen die eingeschriebenen Buchstaben von bisheriger Bedeutung hinreichend erläutern.

*) Andere Lösungen ergeben sich durch motorische Umkehrung und Vertauschung der Rollen von Hahn und Hahngehäuse.

Wird die Aufgabe des Relais darauf reducirt, nur in ein und demselben Sinne die executive Bewegung nach vorgeschriebener Geschwindigkeit zu bewirken, so vereinfacht sich die Lösung wesentlich; die Stromwendung fällt fort und die Function des rotirenden Doppelhahns besteht nur im Drosseln und Abschliessen d. h. in der Herstellung des zur Ueberwindung der auftretenden Widerstände erforderlichen motorischen Gefälles in der Kraftmaschine. Dieser Aufgabe entspricht die Construction in Fig. 7 und 8. Vom Oberreservoir herkommend tritt hier die motorische Flüssigkeit aus I durch den rotirenden Doppelhahn in die Admissionsleitung II mit reducirter Pressung nach der Kraftmaschine hin. Im Uebrigen erklärt sich die Einrichtung durch die Zeichnung.

Die Uebertragung der bisher als willkürlich angenommenen Bewegung des Indicators an ein Uhrwerk ergiebt einen Differentialregulator, dessen bekannte, hier bisher nicht berücksichtigte aus den Massenkräften der Maschinenanlage sich ergebende Unvollkommenheiten noch durch die Einschaltung besonderer Vorkehrungen zwischen Indicator und Doppelhahn eingeschränkt werden müssten.

Ferner sei noch bemerkt, dass der Doppelhahn der angegebenen Relaissteuerung selbstverständlich sich von der Cylinderform in die Kegelform überführen und schliesslich zu einem zweifachen Drehschieber gestalten liesse.*)

Einfachere Lösungen ergeben sich durch Elimination der übereinstimmenden indicatorischen und executiven Bewegung in der Steuerung d. h. durch Verwendung von Differentialgetrieben, welche die Differenz jener Bewegungen auf eine stationäre Steuerung wirken lassen.

So zeigen Fig. 9 bis 11 die Steuerung eines Relais, in welcher die Bewegungsdifferenz des Indicators $J$ hinsichtlich des der executiven Kette angehörigen Rades $E$ vermöge des im Gestelle $G$ gelagerten Schraubenpaares $S_i$ und $S_e$ axiale Verschiebung der an der Rotation unbetheiligten Stange $v$ mit dem Schieber $V$ bedingt, dessen Abweichung von der Mittel- oder Schliesslage aus nach rechts oder links Stromwendung ergiebt, indem er die motorische Flüssigkeit von I aus durch die executive Kraftmaschine hindurch und nach dem Exmissionscanal II zurück entweder auf dem Wege:

I, III, Kraftmaschine, IV, II

oder auf dem Wege:

I, IV, Kraftmaschine, III, II

mit je entgegengesetztem Bewegungssinne der dem Indicator folgenden Kraftmaschine leitet.

Die Verwendung der schraubenförmigen Paarung von $J$ und $E$ für Hahnsteuerung zeigen Fig. 11 bis 14. Vermittelst der steilen Schraube $S$ in der am Gestelle $G$ festen Mutter $S_g$ wird die der Bewegungsdifferenz von

*) Es hat sich auch nachträglich gezeigt, dass ein derartiges Relais für eine zur Bewegung des Schiffs-Steuerruders dienende Dampfmaschine in Amerika patentirt wurde, Wadsworth's New Steam Tiller for Vessels („Scient. American" 1879, I, S. 191. Mit Abbildung).

$J$ und $E$ entsprechende axiale Verschiebung in proportionale Drehung der mit der Schraube $S$ prismatisch gepaarten Welle $v$ des Steuerhahns $V_i$ umgesetzt, dessen Rechts- oder Linksdrehung die Leitung der motorischen Flüssigkeit auf dem Wege:

$L_1$, I, 1, $V_i$, 3, III, $L_3$, Kraftmaschine, $L_4$, IV, 4, $V_i$, 2, II, $L_2$
oder
$L_1$, I, 1, $V_i$, 4, IV, $L_4$, Kraftmaschine, $L_3$, III, 3, $V_i$, 2, II, $L_2$

ergiebt, während in der gezeichneten Mittellage der Weg von I nach II durch den Hahnflügel $v_2$ abgeschlossen ist. Hingegen communiciren hierbei vermöge der negativen Ueberdeckung der Oeffnungen 3 und 4 durch die Ventilflügel $v_3$ und $v_4$ die Leitungen $L_3$ und $L_4$, so dass die Kraftmaschine unter Druck steht. Bei Dampfmaschinen ist dies bekanntlich für deren rasche Ingangsetzung (die Maschine bleibt warm) von Wichtigkeit, ebenso kommt aber diese Einrichtung auch der schnelleren Stilllegung oder allgemein dem besseren Anschlusse der excentiven Bewegung an die indicatorische zu statten. Selbstverständlich könnte diese negative Ueberdeckung ebenso bei dem rotirenden Doppelhahn und beim Gleitschieber Anwendung finden.

Bei Verwendung elastischer motorischer Flüssigkeiten (Dämpfen, Gasen) wird in vielen Fällen die Hinzufügung einer Bremse und eines Sperrwerkes zweckmässig sein, um nicht zu grosse Abweichungen zwischen der indicatorischen und excentiven Bewegung zuzulassen, die Beendigung oder den Wechsel der Bewegung rasch vollziehen zu können und die Ruhelage zufälligen Kräften gegenüber zu einer bestimmten zu machen. Diese Aufgabe lässt sich praktisch leicht in der Weise lösen, dass der Kraftmaschine eine zweite, mit Wasser oder irgend einer nahezu unelastischen Flüssigkeit gefüllte Maschine (Kolbenmaschine oder Kapselräderwerk) hinzugefügt wird, welche, mit ersterer gemeinschaftlich gesteuert, wirkungslos deren Bewegungen folgt, beim Umsteuern und Anhalten aber als hydraulische Bremse und vermöge des zu beiden Seiten befindlichen, eingeschlossenen Wasserkörpers als beiderseitig wirkendes Sperrwerk dient.

In allen Fällen wird die Wirkung der Voreilung des indicatorischen Gliedes in der Steuerung gegenüber dem excentiven Gliede auf die Herstellung der vollen Durchgangsquerschnitte für die motorische Flüssigkeit zu beschränken und damit zugleich falsche Umsteuerung zu verhindern sein, welche beim Drehschieber die Folge weiter gehender Voreilung sein würde.

## Additions- und Subtractions-Rädergetriebe. (Blatt 32.)

Die unter dem Namen „Differential-Rädergetriebe" bekannten Mechanismen bestehen im Wesentlichen bekanntlich aus zwei conaxialen Haupträdern und einem Zwischen- oder Umkreisungsrade, dessen Achse um diejenige der Haupträder in Rotation gesetzt werden kann. In der Ruhelage der Zwischenradachse drehen sich die beiden Haupträder in entgegengesetzten Richtungen mit constantem Verhältniss ihrer Geschwindigkeiten; die Drehung der Zwischenradachse hingegen bedingt eine Differenz dieser Geschwindigkeiten, so lange und in dem Masse, wie sie stattfindet.

Das auf Blatt 32 in Fig. 1 bis 4 dargestellte Getriebe hingegen, in welchem mit der Räderterne des Differential-Rädergetriebes eine zweite Räderterne combinirt ist, bezweckt, die relative Drehlage zweier in gleichem Sinne rotirender conaxialer Räder bezw. Wellen durch eine andere, davon unabhängige Bewegung und proportional zu dieser in der Weise zu ändern, dass nach Beendigung derselben die beiden Haupträder in ihrer veränderten relativen Drehlage gemeinschaftlich weiter rotiren. Die Drehung des einen Hauptrades constant angenommen, ist also die Drehung des anderen gleich derjenigen des ersteren plus oder minus hinzugefügte Drehung.

In dem Stirnrädergetriebe, Fig. 1 und 2, sind $R_a$ und $R_b$ die beiden, auf den conaxialen Wellen $A$ und $B$ sitzenden Haupträder. In letzteres greifen die beiden am Gestelle $G$ gelagerten Räder $r_b$, in ersteres die am drehbaren Arme $C$ gelagerten Räder $r_a$, welche Räder $r_a$ und $r_b$ andererseits mit dem gemeinschaftlichen Doppelrade $R$ in Eingriff stehen, dessen Drehachse mit derjenigen der Wellen $A$ und $B$ zusammenfällt.

Denken wir uns zunächst den Mechanismus in Ruhe, die Welle $A$ fest und beschreiben mit dem Arme $C$ den Drehwinkel $w_c$, so entsprechen demselben auf Seite der anderen Räder Drehwinkel, die sich in nachstehender Weise schreiben, wenn die gebrauchten Bezeichnungen der Räder zugleich deren Radien bedeuten und ihre Winkelgeschwindigkeiten mit $w$ und correspondirenden Indices bezeichnet werden. Drehwinkel des Doppelrades $R$:

$$w = w_c\left(1+\frac{R_a}{R}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

Drehwinkel des Rades $R_b$:

$$w_b = -w\frac{R}{R_b} = -w_c\left(1+\frac{R_a}{R}\right)\frac{R}{R_b} \quad . \quad . \quad (2),$$

demnach:

$$\frac{w_b}{w_c} = -\frac{R+R_a}{R_b} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Setzen wir nun die Welle $A$ in Drehung, so wird vermöge gleicher Grösse der beiden durch Indices $a$ und $b$ unterschiedenen Rädergruppen die Welle $B$ in demselben Sinne und mit derselben Geschwindigkeit rotiren müssen wie erstere, also $w_b = w_a$ sein.

Zu dieser Drehung kommt aber bei Drehung des Armes $C$ der entsprechende Werth $w_b$ nach Formel (3) hinzu, so dass allgemein:

$$w_b = w_a - \frac{R+R_a}{R_b}w_c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Hiernach muss bei diesem Rädergetriebe die Drehung des Armes $C$ in entgegengesetztem Sinne zu derjenigen Drehung stattfinden, welche zu $w_b = w_a$ hinzugefügt werden soll, d. h. die mit $A$ und $B$ gleichgesinnte Drehung von $C$ wirkt subtractiv auf $B$, weshalb dieses Getriebe Subtractions-Rädergetriebe heissen möge.

Setzen wir hingegen die Drehung der Welle $B$ als unveränderlich voraus, so erhalten wir ein Additions-

hingereicht haben würde. Deshalb wurde dessen Drehung zunächst einem in sehr kleinen Dimensionen construirten, leicht steuerbaren Relais $R_1$ mitgetheilt, welches, vom Vorgelege $V$ aus mit treibender Kraft versehen, dazu diente, ein zweites, wesentlich stärkeres, gleichfalls vom Vorgelege $V$ aus betriebenes Relais $R_2$ zu lenken, an dessen Executor $E$ die von $J$ aus willkürlich in Bewegung zu setzende Arbeitsmaschine $A$ angehängt wurde. Beide Relais sind als intermittirend wirkende Rotationsrelais nach der von mir angegebenen Construction, vergl. Fig. 3, Blatt 24, ausgeführt worden, welche sich nicht allein durch Einfachheit und Billigkeit, sondern auch dadurch auszeichnen, dass die Steuerung vermöge ihrer passiven Wirkung mit sehr geringer Kraft von Seite des Indicators vor sich geht.*)

Die Versuche zeigten: 1) den Betrieb der indicatorischen Leitung an sich d. h. die telegraphische Reproduction der indicatorischen Bewegung; 2) die Bewegung der motorischen Kette an sich (ohne Wirkung auf die ruhende executive Kette); 3) die Execution indicirter Bewegungen bei laufender motorischer Kette vermittelst des ersten kleinen Relais $R_1$ (Drehsinn der Kraftmaschine ohne Einfluss auf die Befolgung der Indication, executive Arbeitsleistung sehr gering); 4) Anschluss des zweiten Relais $R_2$, zur Ueberwindung grösserer Widerstände geeignet; Hin- und Herschiebung eines Schlittens mit variabler Belastung auf horizontaler Bahn und Betrieb einer Hebemaschine, Heben und Senken einer Last, nach Massgabe der Bewegung des Indicators.

### Der Mensch in seiner Bedeutung als Maschine.

Am menschlichen Körper in seiner Bedeutung als Maschine sind zu unterscheiden

1) der Mechanismus: das Knochengerüst mit den Muskeln;

2) die motorische Anlage: die Ernährungsorgane;

3) die indicatorische Leitung: die Willensnerven;

4) die referirende Leitung: die Empfindungsnerven.

Als Mittelglied zwischen den Empfindungsnerven und den Willensnerven besteht das Gehirn.

Zur Verdeutlichung des Zusammenhanges dieser je zu verwickelten Systemen ausgebildeten Organe ist als Beispiel die zur Bewegung des Unterarms dienende Maschine gewählt und in Fig. 15, Blatt 24 eine schematische Darstellung der machinalen Einrichtung des Menschen**) gegeben, soweit sie hier in Betracht kommt.

Die Bedeutung der Buchstaben in dieser Figur ist folgende:

*O* Oberarm.
*U* Unterarm.
*B* Beuger des Unterarms.
*T* Strecker des Unterarms.
*M* Magen.
*H* Herz.
*L* Lunge.
*S* sensible Nervenendigungen (z. B. an der Hand die Tastkörperchen, im Auge die Stäbchen und Zäpfchen der Retina, dann die Nervenendigungen im Ohr u. s. w.).
$N_s$ Empfindungsnerven.
$N_e$ Bewegungs- oder Willensnerven.
*C* Gehirn*) aus Ganglienzellen und Nervenfasern zusammengesetzt: 1) *G* Ganglienzellen des centralen Theiles; 2) $G_s$ Empfindungs- oder Einlassganglien; 3) $G_e$ Willens- oder Auslassganglien.

Da die Muskeln nur als Zugorgane dienen und nur durch Contraction wirken können, ist für jeden Bewegungssinn ein besonderer Muskel d. h. Bündel von Muskelfasern erforderlich; so dient hier für die Beugung des Arms d. h. die Aufwärtsbewegung des Unterarms der Beuger *B*, für die entgegengesetzte Bewegung der Strecker *T*. Ihre mit der Contraction verbundene Anschwellung macht sich bekanntlich deutlich bemerkbar.

Das von den Verdauungs- und Blutbereitungsorganen aus den aufgenommenen Nahrungsmitteln gebildete und dem centralen Pumpwerke des Blutlaufsystems, dem mit elastischen Saug- und Druckventilen arbeitenden Herzen zugeführte Blut wird von diesem aus durch die Arterien nach allen Körpertheilen hin gepresst, hier entsprechend den zu verrichtenden Functionen des Ersetzens und Aufbauens chemisch verändert, dann mit den Trümmern des Organismus beladen in den Venen nach dem Herzen zurückgesaugt, sowie in weiterem Kreislaufe behufs seiner Regenerirung nach der Lunge und wieder nach dem Herzen hin geführt, wie dies in Fig. 15 durch die beigefügten Pfeile verdeutlicht ist.**)

So entspricht auch jedem Muskel eine besondere Abzweigung des arteriellen und des venösen Adersystems für die Zuleitung und Ableitung des Blutes. Durch die Thätigkeit des Herzens in ununterbrochenem Kreislauf erhalten, ernährt es die Muskeln, sammelt in ihnen die Muskelsubstanz an, deren chemisch gebundene, motorische Kräfte nur ausgelöst zu werden brauchen, um die Contraction der Muskeln mit entsprechender Relativbewegung der anhaftenden Knochen Arbeit verrichtend zu bewirken. Diese Auslösung geschieht durch Einwirkung von Seite des im Muskel sich verästelnden Willensnerven mittelst seiner Endorgane (Endplatten) nach Massgabe der Bethätigung des Gehirns, von welchem aus die Einleitung der Bewegung veranlasst, sowie deren Sinn, Mass, Zeitdauer und Kraft geregelt wird.

Zugleich beobachten wir jedoch die von uns veranlasste Bewegung, d. h. die auf die sensiblen Nerven-

*) Man wird diese Combination mehrerer mechanischer Relais nicht mit einer Vorsteuerung verwechseln, die nur eine Combination von Wendegetrieben bedeutet.

**) Diese Skizze habe ich meinem verehrten Collegen Prof. Dr. v. Koch zu verdanken.

*) Diejenigen Ganglien $G$, in welchen die Sinnesnerven $N_s$ endigen, sind mit $G_s$, die Ganglien, in denen die Willensnerven $N_e$ endigen, mit $G_e$ zu bezeichnen.

**) Andere Organe, deren Bedeutung für die vorliegende Betrachtung von untergeordnetem Werthe ist, bleiben im Interesse der leichteren Uebersicht der Hauptthatsachen hier unberücksichtigt und sind deshalb auch in der Figur nicht angegeben.

endigungen ausgeübten Reize der Aenderungen unserer Beziehungen zur umgebenden Aussenwelt werden durch die Empfindungsnerven nach dem Gehirn geleitet und zum Bewusstsein gebracht. Indem wir die durch unsere Maschine bewirkte Bewegung und die sie begleitenden Erscheinungen sehen, hören, fühlen u. s. w., sind wir in den Stand gesetzt, unsere Handlungen mit dem Mass des Vorsatzes in Einklang zu bringen, sowie jederzeit der Aenderung desselben entsprechend zu modificiren oder abzubrechen.

Nachdem wir nun diese an sich bekannten Einrichtungen und Vorgänge im menschlichen Körper an dem betrachteten Beispiele in einer unserem machinalen Standpunkt entsprechenden Uebersichtlichkeit dargelegt haben, erkennen wir auch sogleich, dass das System unserer aus zahlreichen einzelnen derartigen Maschinen zusammengesetzten Maschinenanlage identisch mit demjenigen des schon in Fig. 11 dargestellten allgemeinen Falles ist d. h. auf Wendegetrieben mit anschliessenden motorischen Leitungen und executiven Ketten, steuernden und referirenden Leitungen beruht.

Das Eigenthümliche und Neue unserer Wendegetriebe im Vergleiche zu den früher aufgezählten Arten, bedingt durch die nur einseitige Festigkeit der Muskeln, besteht aber darin, dass für jeden Bewegungssinn ein eigenes motorisches System d. h. ein besonderer (übrigens zugleich der executiven Kette angehöriger) Muskel mit zugehöriger Arterie und Vene dient, welche, analog dem Obergraben und Untergraben einer Wasserradanlage, als Admissions- und Exmissionsleitungen der motorischen Flüssigkeit erscheinen. Das motorische Gefälle ist beim Wasserrade mechanischer, in der Dampfmaschine physikalischer und in unserem Körper chemisch-physikalischer Natur, dort in Metern und Temperaturgraden ausdrückbar, hier nach Sauerstoff- und elektrischem Spannungsverlust zu beurteilen, im Grunde aber nur in den Dimensionen verschieden.

Das ganze Blutbildungs- und Bluteirculationssystem ist unsere motorische Anlage. Aehnlich den Vorgängen in der vollständigen Dampfmaschinenanlage mit der Auslösung gebundener motorischer Kräfte durch den Verbrennungsprocess auf dem Roste, dem Temperaturgefälle nach dem Inneren des Kessels, demjenigen von hier nach der Dampfmaschine hin und endlich dem motorischen Gefälle in dieser selbst nach dem Condensator hin — sehen wir im menschlichen Körper eine Aufeinanderfolge von chemischen Vorgängen auf dem Wege der Verdauung und Blutbildung bis zur Arbeitsleistung in den Muskeln hin, an welche sich noch die regenerirende Thätigkeit der Lunge, derjenigen des Speisewasservorwärmers analog, anschliesst. Weiterhin liesse sich der Vergleich auf die dem Aschenfall, dem Kamine u. s. w. entsprechenden excretorischen Organe ausdehnen.

Die executive Kette wird durch den eigentlichen Mechanismus des Körpers gebildet: eine Combination geschlossener kinematischer, aus den Knochen und Muskeln*) bestehender Ketten, deren einzelne Glieder, in verschiedener Weise (cylindrisch, kugelförmig, schraubenförmig) mit einander gepaart, ihren Umschlussformen entsprechende Relativbewegungen ausführen, deren Vereinigung die Beherrschung eines ihren Dimensionen entsprechenden, umgebenden Raumsystems ermöglicht.

Der in Fig. 11 angegebenen referirenden Leitung $r$ und deren Referenten $R$ entsprechen die Empfindungsnerven $N_r$ und deren Endganglien $G_r$, der Steuerungsleitung $s$ mit dem Anfangsgliede $S$ hingegen die Willensnerven $N_s$, welche von den zum betr. Muskelpaare gehörigen Nervenknoten (Ganglien) $G_s$ ausgehen.*)

Der Schluss dieser beiden Ketten, welcher in der schematisch dargestellten Maschinenanlage zwischen den Endgliedern $S$ und $R$ durch den die Maschine beherrschenden Menschen geschieht, erfolgt im Menschen selbst durch den centralen Theil des Gehirns. Hier zwischen der Einlaufstation der referirenden Kette und der Ausgangsstation der Steuerkette geht der geistige Theil der Thätigkeit, die Aufnahme und Ansammlung von Eindrücken, das Ueberlegen und Entschliessen vor sich.

Eine wichtige Thatsache an der menschlichen Maschine darf aber nun hervorgehoben werden: Die in der Combination der steuernden und motorischen Leitung mit der executiven Kette zu einem (der referirenden Leitung bedürftigen) blossen Wendegetriebe beruhende Unvollkommenheit ihrer Bethätigung, welche überall da zum Vorschein kommt, wo es sich um die genaue Ausführung von zum Voraus bestimmten Bewegungen handelt, denn das entsprechende Lenken der Bewegung (bezw. das Steuern) und das Messen der Execution bei gleichzeitiger ideeller Festhaltung des Vorsatzes ist eine mehrfache Beanspruchung des menschlichen Geistes und seiner Maschine, welche mit allen Schwierigkeiten des nicht unbedingten Zusammenhanges der dabei massgebend auftretenden Factoren zu kämpfen hat. Und gerade hier kommt der charakteristische Unterschied des mechanischen Relais wieder deutlich zum Vorschein, denn bei seiner Benutzung besteht unsere That direct nur in der Aeusserung des Willens d. h. in der geometrischen Vorzeichnung der Idee, deren Bewegungsform dem Relais nur anvertraut zu werden braucht, um

*) Wenn die Muskeln als Glieder der kinematischen Kette gerechnet werden, so ist dies ebenso berechtigt und nothwendig, wie bei jenen Uferkrahnen, deren Ausladung durch Veränderung der Länge der vom Krahnpfosten ausgehenden Strebe (Druckorgan) oder der Ausladekette (Zugorgan) vergrössert oder verkleinert werden kann, weder das eine noch das andere Glied als nicht zur kinematischen Kette gehörig weggelassen werden dürfte, um so mehr als die offene kinematische Kette des Knochengerüstes an sich der Erhaltung des Schlusses seiner Elementenpaare durch die Muskeln bedarf, ohne welche dieselbe aus einander fallen würde.

*) Schliesst die Bewegung des lebenden Körpers deren Wendung nothwendiger Weise schon in sich, so sind doch dazu nicht unbedingt zwei Muskeln mit besonderen Willensnerven erforderlich. Die Natur hat diese Aufgabe mit dem belasteten Wendegetriebe gelöst. So bei den zweischaligen Conchylien, deren Schliessung vermittelst des an den Innenseiten der Schalen befestigten, mit Nerv versehenen Muskels unter gleichzeitiger Anspannung eines auf der Aussenseite des Gelenkes liegenden elastischen Bandes geschieht, so dass das Oeffnen nur durch Reduction der Anspannung des Schliessmuskels erfolgt. Im leblosen Zustande sind deshalb diese Muschelthiere offen.

vermittelst desselben selbstthätig mit der zur Execution erforderlichen Kraft behaftet zu werden.

Ein die drei Leitungen der vollständigen Maschine vereinigender Knoten besteht in beiden Fällen. Hier wie dort enthält er ein Wendegetriebe mit Steuerung. Der wesentliche Unterschied besteht aber darin, dass die zur Erreichung des beabsichtigten Zieles der executiven Bewegung nöthige Steuerbewegung im Relais das Ergebniss der Differenz von indicatorischer und executiver Bewegung, im direct gesteuerten Wendegetriebe die Wirkung des Abstandes von Wirklichkeit und Absicht ist. Das Vorzeichen dieser Differenz ändert sich d. h. die Umsteuerung erfolgt dort, wenn die Execution die Indication überschreitet, hier, wenn die executive Bewegung das Ziel überschreitet. Praktische Unvollkommenheiten haften beiden allgemeinen Lösungen des Maschinenproblems an; am Relais bestehen sie in der mit der Länge der indicatorischen und executiven Leitungen zunehmenden Ungenauigkeit, im anderen Falle in den Mängeln der referirenden und steuernden Leitungen. Lässt sich allgemein nicht entscheiden, welche Lösung die zweckmässigere ist, d. h. welcher der beiden Wege die Erreichung des Endziels mit dem höchsten Grade von Sicherheit und dem geringsten Aufwand ermöglicht, so ist doch erkennbar, dass in beiden Fällen die Genauigkeit des Messens eine gleich wichtige Rolle spielt, dass es dort auf die präcise Indication d. h. die genaue Bemessung des zu Bewirkenden, hier auf die zuverlässige Erkenntniss der Differenz zwischen Bewirktem und zu Bewirkendem ankommt.

Ist die auszuführende Bewegung zum Voraus genau bestimmt, indem entweder die Arbeit des Bemessens derselben schon geschehen oder ihr Mass von uns willkürlich angenommen ist, so bietet das Relais das bequemste Mittel zur Ausführung; bevorzugen wir doch stets gern die nur befehlende Thätigkeit, sobald uns zuverlässige Organe dienstbar sind.

Suchen wir nun noch die Vorgänge zu verfolgen, welche zwischen den Einlassganglien der Empfindungsnerven $G_r$ und den Auslassganglien $G_e$ der Willensnerven im centralen Theile des Gehirns stattfinden, so ist wenigstens soviel erkennbar, dass die lenkende Thätigkeit, mit welcher wir unsere menschliche Maschine dem Ziele entgegensteuern, stets aus dem Unterschiede des Willens von der beobachteten oder vorgestellten Wirklichkeit d. h. aus der Differenz der Indication und dem Referate der Execution hervorgeht. Diesen Theil der geistigen Functionen als Bindeglied dem Systeme der Maschine eingefügt, werden die steuernden, executirenden und referirenden Leitungen zu einer geschlossenen Kette vereinigt, deren Wirkung nun mit derjenigen des Relais insofern übereinstimmt, als die in uns und durch uns eingeleitete Indication an einer anderen Stelle des geschlossenen Systems, am Wendegetriebe, die Zuführung entsprechender motorischer Kraft bedingt.

Es bliebe also schliesslich noch die Bildung des Gedankens selbst und dessen Umbildung zum Vorsatz d. h. zum inneren und eigenen dictatorischen Befehl übrig, dessen Inhalt, ähnlich dem Dictat unserer Dictatoren (s. S. 586, Blatt 28), als Wille ausfliessend, in dem Masse abläuft wie das Referat einläuft. So stellt sich unsere innerste lenkende Kraft als der Unterschied des in uns wohnenden Idealen von dem individuell Realen dar. Doch hier haben wir schon das psychologische Gebiet betreten und dasjenige der Maschine verlassen.*)

### Weitere Entfaltung der Maschine.

Die Verwendung elektrischer Leitungen für die Transmission der Organfunctionen der Maschine, durch welche zunächst eine grosse Erleichterung in der Ueberwindung localer Schwierigkeiten gewonnen wurde, setzt uns weiterhin noch in den Stand, uns von der bisher angenommenen Ortsbeständigkeit der Endorgane (Indicator, Motor, Executor und Referent) und des Knotenpunktes der Maschine loszusagen und uns zu einem höheren und freieren Standpunkt in der Behandlung machinaler Aufgaben emporzuschwingen. Ein Beispiel möge dies zeigen.

Der Torpedo $T$, Fig. 17, Blatt 24, sei als Schiff (eventuell submarin) mit den zu seiner Fortbewegung und Steuerung nöthigen Einrichtungen vollständig ausgerüstet, die zur Bedienung des Schiffes erforderliche Mannschaft jedoch herausgenommen, ohne damit deren Beziehung zum Schiffe abzubrechen, welche vermittelst elektrischer Leitungen von einem Hauptschiffe $AB$ aus in der Weise benutzt werden soll, dass das Minenschiff $T$ nach dem Zielpunkte $Z$ des feindlichen Schiffes $F$ geschickt und dort mit eintretendem Contact zur Explosion gebracht werden kann.

Bei gleichzeitiger Bewegung des Hauptschiffes $AB$ und des feindlichen Schiffes $F$ lässt sich das von der Beobachtungsbasis $A$-$B$ ununterbrochen optisch verfolgte Ziel $Z$ im Inneren des Schiffes von einer kleineren Basis $A_1$-$B_1$ aus vermittelst selbstthätiger Erhaltung der Aehnlichkeit der Dreiecke $ABZ$ und $A_1B_1Z_1$ reconstruiren. Das Minenschiff $T$ mit seinem Motor $M$ bedarf nun nur noch der Ausrüstung mit Relais, um von der centralen Kammer des Hauptschiffes aus nach Massgabe der Indication seinem beweglichen Ziele entgegengeführt zu werden, wobei die erforderlichen Leitungen, zu einem Kabel vereinigt, dessen specifisches Gewicht nur wenig grösser als dasjenige des Seewassers sein dürfte, von einer Trommel am Hauptschiffe mit geeigneter Anspannung sich in dem Masse abwickeln müssen, wie das Minenschiff sich von diesem entfernt.

Ebenso wie wir im Stande sind, den Verlauf der indicatorischen Bewegung, welche in dem veränderlichen Dreiecke $A_1$ $B_1$ $Z_1$ ununterbrochen auf das Ziel $Z_1$ gerichtet ist, graphisch darzustellen, lässt sich auch vom Minenschiffe aus rückwärts dessen executive Bewegung vermittelst entsprechender referirender Leitungen von Weg- und Winkelmessern (letztere auf continuirlicher

*) Auf die Betrachtung der Reflexbethätigungen mit Bezugnahme auf das Interferenzrelais (Blatt 26) muss hier verzichtet werden.

Wiedergabe des Winkels zwischen Compassnadel und Schiffsaxe beruhend) nach dem Hauptschiffe hin melden und hier im Zieldreiecke $A_1 B_1' Z_1$ reproduciren, so dass wir Differenzen zwischen Indication und Execution durch entsprechend vermehrte Indication corrigiren können.

Man kann sich nun zwar vorstellen, wie sich auf die beschriebene Weise aus dem Leibe eines Mutterschiffes mehrere Minenschiffe nach beweglichen Zielen in verschiedenen Richtungen ausschicken liessen, die zufällige Entzündung der Minen während der Fahrt durch Verriegelung des Contactmechanismus verhindert werden könnte, sowie die Rückkehr der ausgesendeten Schiffe jederzeit zu bewerkstelligen wäre; die Schwierigkeiten der praktischen Durchführung aber, besonders auf offener bewegter See und mit Rücksicht auf die Massenwirkungen in der Maschine — sind Legion*).

Genöthigt, die vorliegende Arbeit rasch zu beendigen, müssen wir auf die weitere speciellere Verfolgung des Problems des mechanischen Relais vorläufig verzichten, obgleich gerade jetzt, wo das System desselben übersichtlich vor uns liegt und als Vollbegriff der Maschine**) unser eigenes Wesen reflectirt, der Geist, welchem wir bis hierher folgten, freundlich winkt, weiter zu schreiten, indem er uns zugleich Waffen in die Hände drückt, mit deren zerlegender und bildender Kraft wir uns selbst Bahn brechen können. Wie Reuleaux aus der kinematischen Kette durch Umstellung, Vermehrung und Verminderung der Gliederzahl, Erweiterung der Elementenpaare u. s. w. eine Fülle von Erscheinungsformen ableitet, die Uebersicht über bestehende Mechanismen durch

*) Von den Herren Siemens & Halske in Berlin wurde mir nachträglich mitgetheilt, dass dieselben vor mehreren Jahren auf dem Tegeler See versuchsweise ein Schiff vom Ufer aus bewegt haben. Die motorische Kraft wurde durch ein Kabel elektrisch zugeleitet und die Steuerung des Schiffes vermittelst Wendegetriebe besorgt. Eine befriedigende Lösung der Aufgabe scheint nicht erzielt worden zu sein. Nach der hier von mir dargelegten Idee hingegen würde das als Executor anzusehende Minenschiff selbst den Motor in sich tragen, z. B. in Form eines Vorrathes von comprimirter Luft, welche zum Betriebe der Schiffsschraube und des Steuerruders in entsprechenden Kraftmaschinen als motorische Flüssigkeit dienen würde. Demnach fiele das Kabel leichter aus, denn es würde nur durch die indicatorischen und referirenden Leitungen mit ihren isolirenden Umhüllungen gebildet. Weiterhin ist aber die hier vorgeschlagene Verwendung des mechanischen Relais in sofern von praktischer Wichtigkeit, ja für die willkürliche Bewegung submariner Minenschiffe, deren Lauf nicht direct beobachtbar ist, fast unentbehrlich, als den mannigfachen Schwierigkeiten und Fehlerquellen gegenüber in der Möglichkeit des Vergleiches der Indication mit dem Referate der Execution ein höherer Grad der Sicherheit oder doch der Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Erstrebung des Zieles geboten wird. Aber rasch nähern wir uns schon der höchsten Leistung des Angriffs, dem Werfen von Minen aus Geschützen.

Die willkürliche Bewegung eines Fuhrwerkes auf gerader Bahn — vorwärts, rückwärts und mit beliebiger Geschwindigkeit — vermittelst attachirten Motors, nach Massgabe der mechanisch-elektrischen Indication von einem anderen, gleichfalls in Bewegung befindlichen Fuhrwerke aus habe ich in der Versammlung des Frankfurter Bezirksvereines und Technischen Vereines am 27. September d. J. durch praktische Versuche erläutert.

**) Maschine in der vollen Bedeutung des Wortes, nicht vollständige Maschine, noch viel weniger aber vollkommene Maschine.

den Nachweis ihrer Verwandtschaft erleichtert und damit zugleich die Mittel zur Bildung neuer Mechanismen bietet, so können wir auch hier für das ganze System der Maschine, nachdem die sein Wesen bedingenden eigentlichen Dimensionen sämmtlich erkannt sind, ähnliche und nicht minder fruchtbare Methoden aufstellen. Bei den Regulatoren ist schon früher gelegentlich auf die Analogie ihrer Basis mit dem festgehaltenen Gliede der kinematischen Kette hingewiesen worden. Sehr ergiebig ist das Verfahren der Steigerung der einzelnen Dimensionen, insbesondere lässt sich dadurch das bisher kurz als Knoten des Maschinensystems bezeichnete Wendegetriebe mit Steuerung zu einem vielgestaltigen, mit den Endorganen zusammenwachsenden Gebilde ausdehnen. Andererseits zeigt das reductive Verfahren die Gewinnung der Minimalformen des mechanischen Relais*). Die motorische Umkehrung ist früher, bei den Wendegetrieben, schon geübt worden. Weit ist das Feld der Spaltung der Organe und der Combination verschiedener Maschinen mit theilweise gemeinsamen Organen, deren Leitungen sich zu charakteristischen Netzen entwickeln**); ferner ist von Interesse die Vereinigung mehrerer Rotations- oder Hubrelais zu dem Zwecke der executiven Bewegung nach beliebig indicirten Curven in der Ebene und im Raume; dann die Potenzirung, d. h. die successive Steigerung der Wirkung durch Aneinanderreihung mechanischer Relais***) u. s. w.

Eliminiren wir auch unsere soeben zur Beherrschung ausgedehnter Maschinencomplexe gelangte, indicirende Hand selbst noch, indem wir die im Voraus bestimmte und körperlich (z. B. durch Curvenführung) zum Ausdruck gebrachte Indication einem Uhrwerke anvertrauen, oder die Indication in mechanisch bedingter Weise durch die Summe von Einflüssen erfolgen lassen, welche, nach Mass und Zeitfolge unvoraussehbar wechselnd, von der Maschine gesetzmässig aufgespeichert, transmittirt, combinirt und ausgelöst werden, so gelangen wir zur Automatik, der vollständigen Ablösung der Maschine vom Menschen, stehen aber zugleich vor der unermesslichen, niemals überschreitbaren Kluft zwischen der nur nach bestimmten Functionen vor sich gehenden Maschinenarbeit und der in fortwährendem Kampfe mit der Aussenwelt mannigfaltig wechselnden, nach idealen Zielen strebenden Thätigkeit des Menschen.

*) Verschiedene solcher Relais, deren Organe abwechselnd mehreren Functionen dienen, habe ich in meinen Vorträgen über Kinematik an der techn. Hochschule zu Darmstadt angegeben. Für Regulatoren ist besonders die Indication in widerstandsfreien Intervallen von praktischem Werth. Durch motorische Umkehrung ergiebt sich die passive Wirkung, welche, bei modernen Steuerungen häufig benutzt, in Blaha's Werk über Dampfmaschinensteuerungen gebührende Würdigung gefunden hat.

**) Hier eröffnet sich das Gebiet der Vertheilung und Sammlung in der Maschine. Dieser Theil der Aufgabe bildete den Gegenstand eines vor mehreren Jahren im Frankfurter Bezirksvereine von mir gehaltenen Vortrages: „Ueber die Leitungssysteme der Wasserversorgungen und Entwässerungen, sowie deren Analogien in der Natur und im Verkehrsleben.“

***) Dies geschah bei den Hamburger Versuchen.

Rückblick und Uebersicht.

Nicht weniger lohnend ist von der gewonnenen Grundlage aus die Analyse der Entwickelung der Maschine von ihren ersten Anfängen an, der Blick rückwärts auf das Wachsen der Maschine aus dem Urmenschen heraus, der zunächst seine eigene executive Kette ausbildete, indem er sich mit Waffen und Werkzeugen d. h. mit solchen Körpern ausrüstete, deren Superiorität gegenüber der in seinem Wirkungsgebiete sich ihm entgegensetzenden oder ihn bedrohenden Aussenwelt seine active und passive, angreifende und vertheidigende Thätigkeit zu steigern geeignet waren*). Weite Zeiträume mögen durchlaufen worden sein, bis das Prototyp der vom Menschen abgetrennten Maschine, das zwangläufige Elementenpaar, dessen älteste Repräsentanten wir in den Mühlsteinpaaren und Bohrern finden, der umgebenden Körperwelt abgerungen war, und thatsächlich dauert dieser Kampf, wie Reuleaux z. B. an der charakteristischen Abnahme der Flankenspielräume der Zahnräder und an dem Zwanglauf der Transportbahnen treffend dargelegt hat, in der Steigerung der Präcision der Maschine heute noch fort. Mit diesen elementaren Maschinen, der Töpferscheibe, der Drehbank, dem Schleifstein u. s. w., sehen wir den Mechanismus des Menschen selbst derart kinematisch verkettet, dass er nach seinem Willen steuernd und treibend zugleich wirkt, dort mit unbewaffneter Hand Gefässe formend, hier das Werkzeug führend, dann wieder das Werkstück haltend.

Aus dem Bedürfnisse, die durch das Elementenpaar gesicherte Bewegungsform mit der unserem eigenen Körper bequemeren Bewegung in Einklang zu bringen, ging die kinematische Kette hervor, deren Receptor die uns als Treiber dienliche Bewegungsform und Geschwindigkeit darzubieten hatte.

Verfolgt man nun die Verbesserung der Maschinen und die Entstehung specieller Arten im Zusammenhange mit dem Fortschreiten der zunächst am einzelnen Menschen selbst in seinen abwechselnden Bethätigungen als Keim vorliegenden Arbeitstheilung, so kommt zugleich der schon früh beginnende Process der Ablösung des Menschen von der Maschine zum Vorschein**). Dem Vorspann animalischer Kräfte folgt die Verwerthung der Wind- und Wasserkräfte, indem man die Maschinen ihnen passiv entgegensetzte. Langsam vollzog sich die Abtrennung der Kraftmaschine***).

Nebenher schreitet — ausgehend vom Wurf, den schon das Thier übt — die Ausbildung des Ansammelns und Auslösens treibender Kraft, vom Pfeil werfenden Bogen zur leitenden Armbrust und mächtigen Wurfmaschine, doch vergeblich dauerte durch Zeitalter hindurch der Kampf um die Dienstbarmachung der ausgelösten latenten Kräfte der Körperwelt. Des Feuers schaffende Macht hatte zur Geltendmachung seiner Kraft selbst erst die Mittel vorzubereiten, das zwangläufige Elementenpaar zu liefern, welches als Wurfmaschine mit der Erfindung des Pulvers seine gewaltige Culturarbeit zu verrichten begann.

Nach mühevollem Ringen der Geister, des Dampfes Kraft lenksam der Maschine anzuvertrauen, findet dieser endlich in James Watt seinen wahren Steuermann, und mit rasch auf einander folgenden Schritten ist die höchste Stufe der Maschine erklommen: die motorische Kraft ausgelöst, die Bewegung gewendet, die Steuerung der Maschine selbst anvertraut und durch Hinzufügung des Regulators dem Werke die Krone aufgesetzt*).

In die Vorzeit der Dampfmaschine zurückschauend und dann den gewaltigen Aufschwung der Maschinentechnik und unserer Cultur bis auf die Gegenwart verfolgend, zeigt sich unseren Blicken deutlich, wie parallel laufend mit der Ausbildung unserer motorischen und executiven Mittel auch die übrigen Organe des vollständigen Systems der Maschine, die indicirenden und referirenden Leitungen — dem Zwecke nach zwar entgegensetzt, im Wesen aber identisch — durch wunderbare Entdeckungen auf dem Gebiete der Telegraphie, der Optik, der Akustik u. s. w. gleich mächtig gefördert werden. Ebenso klar erkennen wir aber auch, wie in dem entstandenen Netze von indicirenden, motorischen, executiven und referirenden Leitungen, welches, den Erdball mehr und mehr umspinnend, die Thätigkeit des Individuums und den Verkehr der Völker in seine Bahnen lenkt, der Mensch von seiner anfänglichen treibenden Verkettung mit der Maschine sich allmälig lostrennt und zu deren Dictator dadurch erhebt, dass er die Leitungen des machinalen Systems schliesst. Eine charakteristische Lösung dieses Problems ist das mechanische Relais. In dieser geschlossenen machinalen Organkette wird unser Wille, die Differenz von Dictat und Referat, die Execution mit dem Aufgebote des zur Ueberwindung der auftretenden Widerstandshöhe er-

*) Die in der zweckmässigen Verknüpfung des Werkzeuges mit dem Menschen, z. B. in der Handlichkeit, liegende Entwickelung ist Gegenstand interessanter Betrachtungen in den „Grundlinien einer Philosophie der Technik" von Prof. Dr. Ernst Kapp.

**) Vergl. „Die Maschine mit Rücksicht auf ihre Bedienung", von Dr. K. L. Schadwill, in den „Verhandl. d. V. zur Bef. des Gewerbfl." 1878, S. 233. Es wird sich jedoch weiterhin noch mehr zeigen, dass die Bedienung der Maschine nur eine ihrer Beherrschung untergeordnete machinale Bethätigung ist.

***) In einem abgelegenen Thale des Cantons Zug waren vor etlichen Jahren noch die Schläge eines kleinen Pochwerkes zu hören, dessen hölzerner, in horizontalen, offenen Lagern schwingender Arm am einen Ende den Pochstempel trug, auf der entgegengesetzten Seite hingegen als Löffel ausgehöhlt war. Das zugeleitete Bachwasser, diesen füllend, hob den Stempel, um ihn dann, indem es zum Abfliessen gelangte, wieder zurück fallen zu lassen, hierauf das Spiel von Neuem beginnend.

*) In Watt's direct wirkendem Regulator erkennen wir einen Specialfall des mechanischen Relais für constante Geschwindigkeit und unveränderlichen Bewegungssinn, in welchem die indicatorische Bewegung durch Anwendung des Centrifugalpendels eliminirt und die Steuerbewegung auf die Ablenkung der Hülse von der mittleren d. h. der indicirten Geschwindigkeit entsprechenden Stellung reducirt ist, deren Aenderung, z. B. durch Verkürzung oder Verlängerung der Stange $m$ des directen Uebertragers in Fig. 1, Blatt 24, die Indication verschiedener Geschwindigkeiten bedeuten würde.

forderlichen motorischen Gefälles ausgelöster Kräfte unausgesetzt verfolgend, zum umwälzenden Agens.

Für die Coincidenz der hier entwickelten Organisirung der Maschine mit deren wirklichem Wesen spricht sowol das Resultat der Analyse als auch die synthetische Erprobung. Die weitere Benutzung des dargelegten Systems in der Lösung von Aufgaben, die es selbst in Fülle darbietet, wird zur Läuterung und Schärfung desselben beitragen.

Wie die geschlossene kinematische Kette die Form der Bewegung und die Geschwindigkeitsverhältnisse bedingt, indem sie, mit ihrer Festigkeit alle auf deren Aenderung hinwirkenden Kräfte zurückweisend, von allen denkbaren Bewegungen nur die von uns geforderten zulässt, so wird in der geschlossenen machinalen Organkette die Bewegung nach Sinn, Mass und Geschwindigkeit erzwungen. Hier entspricht der Aenderung der auftretenden Widerstände der äquivalente Unterschied der treibenden Kräfte, dort treten im Spiel der störenden, äusseren Kräfte denselben stets gleiche innere d. h. latente Kräfte entgegen. Hier sehen wir im Gange der Maschine die Differenz zwischen Indication und Execution, dort die elastische Nachgiebigkeit unvermeidlich, wie der Vorsatz stets die Ausführung hinter sich lässt. Grenzen sind dort in statischem Gleichgewichte dem Zwanglauf der kinematischen Kette durch die Festigkeit ihrer Construction, hier der Maschinenwirkung in dynamischem Gleichgewichte durch die Höhe der disponiblen Arbeitsstärke gesetzt.

Durch die Zusammenfassung beider Functionen*) ist die Maschine zur gehorsamen und strengen Vollführerin unseres Willens geworden; ihre Thätigkeit ist die kategorische Aeusserung desselben, die Vervollkommnung der Maschine das Emporringen zur Bestimmtheit des positiven, jede Negation ausschliessenden Verfahrens. So zeigt es sich denn, dass in Reuleaux's Definition der Maschine: „Eine Maschine ist eine Verbindung widerstandsfähiger Körper, welche so eingerichtet ist, dass mittelst ihrer mechanische Naturkräfte genöthigt werden können, unter bestimmten Bewegungen zu wirken", es die Bedeutung des Wortes „können" ist, in welcher unsere ganze Herrscherkraft über die Maschine verborgen liegt und die reichsten Schätze noch zu heben sind. Hier knüpft unsere individuelle Energie an, unsere receptorische und indicirende Thätigkeit, die vermittelst der geschlossenen Organkette der Maschine unseren Willen paart mit Kraft zur That. Unsere machinale Thätigkeit als einen fortdauernden Kreislauf von Wollen, Handeln und Ermessen erkennend, der uns neue hilfreiche Gewalten unterordnet und somit rückwirkend unsere Schaffungskraft selbst wieder steigert, sehen wir zugleich in der uns zugeordneten und untergeordneten Maschine uns selbst wachsen, in ihr die Erweiterung unseres „Ich".

### Schlussbemerkung.

Wohl hätten die angegebenen Entwürfe von Mechanismen eingehender behandelt und andere, praktisch nicht minder wichtige Lösungen specieller Aufgaben hinzugefügt werden können; unser Hauptzweck war jedoch die allgemeine Lösung des Problems des mechanischen Relais, für welche jene nur als erläuternde Beispiele dienen sollten. In der schliesslichen Erkenntniss der Maschine nach dem vollen Inhalte ihres Wesens als Dienerin unseres Willens, sind zugleich diesem selbst bei der synthetischen Erschaffung der Maschine zur Entfaltung seiner bildenden Kraft in der lebendigen Erfassung der machinalen Organkette die Bahnen schon gelegt.

Zwar liegt die Entstehung der hier dargelegten Ideen weit zurück, doch gab mir erst der Untergang des „Grossen Kurfürst" Veranlassung, dieselben zu einem geschlossenen Ausdruck zu vereinigen. Jenes nationale Unglück musste jedem Maschinen-Ingenieur ein Ansporn sein, die Bewegung unserer Kriegsschiffe in der Weise zu ermöglichen, dass des Befehlshabers Wille und nur dieser, jedes Missverständniss ausschliessend, zum unbedingten Ausdruck gelangt. Der technischen Literatur, der deutschen

*) Hier komme ich zu guterletzt noch zur vollen Würdigung der sogenannten Organprojection, welche Kapp in seinen von mir schon früher erwähnten „Grundlinien einer Philosophie der Technik" entwickelt hat. Wenn deren Giltigkeit mir zunächst beschränkt, ja sogar zweifelhaft erschien, so lag der Grund hierfür, wie sich jetzt erst deutlich erkennen lässt, darin, dass die von ihm behandelten Beispiele, an welchen die Analogie der machinalen Kunstwerke des Menschen mit seinen eigenen Organen nachzuweisen versucht wurde, trotz ihrer lichtvollen Darstellung des nöthigen organischen Zusammenhanges d. h. desjenigen Zusammenhanges entbehrten, welchen die Dinge im Menschen selbst haben. Kapp's Betrachtungen fussen vorwiegend auf dem Mechanismus der zwangläufigen kinematischen Kette, und wo sie sich von dieser allein nicht zureichenden Grundlage entfernen müssen, verliert die Generalisirung ihrer Ergebnisse an Kraft. Die hierin bestehende Einseitigkeit beruht jedenfalls in dem beschränkten Begriffe der Kinematik selbst. Ihre Aufgaben erstrecken sich nur auf die Formen und die Verhältnisse der Bewegungen. Damit ist aber die Maschine in der vollen Bedeutung des Wortes noch nicht umfasst. Wollen wir dies, so müssen ausser den Kräften, die normal zur Bahn auftreten, noch die tangentialen Kräfte in Betracht gezogen, d. h. zu den die Bahn sichernden Kräften die treibenden Kräfte hinzugefügt werden. Hiermit erweitert sich das Gebiet wesentlich und vervollständigt sich unsere Aufgabe, zugleich treten wir aber damit über die Grenzen der Kinematik d. h. der „Wissenschaft von derjenigen besonderen Einrichtung der Maschine, vermöge deren die gegenseitigen Bewegungen in derselben, soweit sie Ortsveränderungen sind, zu bestimmten werden" hinaus auf dasjenige der Maschinentheorie überhaupt, oder es bedürfte doch die Kinematik, wenn sie zum Sammelbegriff erhoben werden sollte, nach dieser Richtung hin mindestens noch des Ausbaues. Hieraus dürfte sich in Reuleaux's theoretischer Kinematik die kurze Behandlung der Wendegetriebe erklären, die, soweit sie auf Lösung und Verbindung kinematischer Glieder beruhen, allerdings in kinematischer Richtung wenig charakteristische Eigenthümlichkeiten darbieten. Bringen wir aber nun Kapp's Organprojectionen in den Zusammenhange der Organe des machinalen Systems, welches sich in der Betrachtung des Menschen als Maschine gezeigt hat, so leuchtet uns das Spiegelbild des Menschen aus seinen Werken entgegen. An dieser Erkenntniss, der unbewusst wir entgegengesteuert sind, nun angelangt, glauben wir, schliesslich selbst einen Beitrag zur Giltigkeit der Kapp'schen Lehre von der Organprojection geliefert zu haben, in welcher der Anfang zur Ausbildung einer Descendenztheorie der Maschine zu erblicken ist.

wenigstens, schien die Aufgabe des mechanischen Relais noch unbekannt zu sein. Erst Prof. Rittershaus theilt in seiner kürzlich erschienenen, von uns schon citirten Arbeit, auf die der Bedeutung des Gegenstandes nicht entsprechende bisherige Ausserachtlassung hinweisend, eine Reihe englischer und französischer Constructionen mit, die er „Kraftvermittler“ nennt. Abgesehen davon, dass derartige Mechanismen vorwiegend auf Kriegsschiffen zur Verwendung kamen, mögen die, meistens den Inhalt nicht ahnen lassenden verschiedenen Namen, welche man ihnen gab, zur Erklärung der Thatsache beitragen, dass die allgemeine Maschinentechnik diese Mechanismen kaum beachtete. Unabhängig, wie die vorliegende Arbeit entstanden, musste auch die Nomenclatur erst geschaffen werden, und erlaube ich mir hier nur hinsichtlich des Wortes Executor zu bemerken, dass der, in seiner Bedeutung übrigens sehr verwaschene Name Werkzeug keineswegs als Bezeichnung des Endgliedes der executiven Kette hätte eingeführt werden dürfen.

Nach neueren einschlägigen Patenten zu urteilen, scheint das mechanische Relais, hauptsächlich in seiner Verwendung als Uebertrager für Regulatoren, nun auch in Deutschland mehr Boden zu gewinnen. Dass der „Grosse Kurfürst“ ein (zwar nicht vom Steuermann direct benutztes) mechanisches Relais für die Bewegung des Steuerruders besass, ist mir kürzlich bekannt geworden. Dasselbe besitzt zwei rechtwinklig gekuppelte Dampfmaschinen mit Stromwendung, soll jedoch bei der Katastrophe nicht in Gebrauch gewesen sein. Aus einem von Herrn Ingenieur W. Schmidt in Oberhausen vor dem Bezirksvereine an der Niederen Ruhr gehaltenen Vortrag über „Neuere maschinelle Einrichtungen der deutschen Kriegsmarine“, dessen Veröffentlichung bevorsteht, werden einschlägige Detailconstructionen zu entnehmen sein.

Zweckmässige Verwendung würde das mechanische Relais für Wasserstandsregulatoren finden können, wobei der Schwimmer als Indicator zu dienen hätte, ferner für die Bewegung schwerer Regulirschützen von entfernten Orten; zahlreiche Aufgaben bietet das Signalwesen; in Bessemerhütten dürfte dessen Einführung an Stelle der gebräuchlichen Claviatur in Betracht zu ziehen sein.

Bei Prüfung des Inhaltes der nachstehend angegebenen Literatur wird sich nicht allein herausstellen, dass die verschiedenen Mechanismen recht gut in unsere Classification zu bringen sind, sondern auch dass einzelne mit meinen Entwürfen nahezu übereinstimmen; gänzlich erschöpft ist das Gebiet jedoch keineswegs.

Le Servo-Moteur ou Moteur-asservi. Gouvernails à vapeur Farcot. Description théorique et pratique par Joseph Farcot, Ingénieur. Paris. J. Baudry. 1873.

Steam Steering Gear, constructed by Mr. James Nelson, Engineer, Gateshead-on-Tine. „Engineering“ 1879, I, S. 255.

Umsteuerungsmaschine für Dampfmaschinen von Dingler in Zweibrücken. D. R.-P. No. 4296.

Dampfmaschinen-Umsteuerungen mit Relais von Ch. Boer in Jemeppo, ferner von Farcot und Quillacq, siehe: „Dampfmaschinen der Pariser Weltausstellung“, von A. Riedler. Wien, 1879. S. 28 u. 29.

Sur l'embrayeur électrique à bord des navires. Note de MM. Trève et Achard. „Comptes rendus.“ 1879. S. 154.

Neuerungen an Schiffscompassen zum Anzeigen von Abweichungen der Schiffe von dem vorgeschriebenen Curs, von H. A. Severn in London. D. R.-P. No. 6578.

Hydromagnetisches Steuer von Jean Caselli in Florenz. D. R.-P. No. 1587.

W. Ehrhardt's Centrifugalregulator. „Civilingenieur“ 1859, S. 263.

F. Knüttel's Regulator für selbstthätig variable Expansion, ausgeführt von A. Wever & Co. in Barmen. D. R.-P No. 2203.

Indirecter Uebertrager von Ingenieur Hartmann in Augsburg. D. R.-P.

Indirect wirkender Regulator von K. F. A. Wienke in Rostock (Mecklenburg). D. R.-P. No. 4512.

Wie es mir zur Genugthuung gereichen würde, wenn die vorliegende synthetische Studie, als der erste Versuch der Erschliessung eines bisher nicht gebührend gewürdigten, fruchtbaren Gebietes, zur weiteren Bebauung desselben Anregung bieten sollte, so würde es mich auch freuen, zur praktischen Verwendung der angegebenen Constructionen oder zur Lösung verwandter Aufgaben die Hand bieten zu können.

# Vermischtes.

## Dampfmaschinensteuerung für variable Expansion.

(D. R.-P. No. 6555.)

Von E. A. Wortmann in Ruhrort.

(Hierzu Fig. 1 bis 3, Tafel XXIII.)

Es ist hinlänglich durch die Erfahrung bewiesen, wie ungünstig es in Bezug auf den Kohlen- bezw. Dampfverbrauch ist, wenn bei einer Dampfmaschine der Regulator auf die Drosselklappe einwirkt, und jeder Fachmann wird es nur in den seltensten Fällen noch billigen, dass man der alten Gewohnheit, sich der Drosselklappe zu bedienen, noch nachkommt. Die heutige und zukünftige Losung wird sein: Hohe Spannung des Dampfes, geringe Füllung, hohe Kolbengeschwindigkeit und Regulirung der Geschwindigkeit nur durch directe Einwirkung des Regulators auf die Expansion.

Die Regulirung durch die Expansion, der nicht genug Werth beigemessen werden kann, ist von vielen als Specialstudium betrieben worden und mancher hat das Problem gelöst.

Es liegt mir nichts ferner als die verschiedenen Lösungen kritisiren zu wollen, denn jedem, der sich der Mühe unterzogen, gebührt lobende Anerkennung; jedoch glaube ich sagen zu dürfen, dass jede Steuerung, an der sich Federn, Klinken und Buffer befinden, keinen Anspruch auf grosse Zuverlässigkeit machen darf.

Dass die Ventilsteuerung die Schiebersteuerung jemals verdrängen wird, scheint mir sehr unwahrscheinlich; so lange nicht stichhaltigere Gründe als z. B. Verschleiss der Schieberbahn angeführt werden, wird die weit einfachere und solidere Schiebersteuerung ihr Recht nicht allein behaupten, sondern in vielen Fällen, besonders bei schnell laufenden Maschinen, der Ventilsteuerung vorgezogen werden, und weil man in Zukunft höhere Kolbengeschwindigkeit einführen wird, so bleibt es sehr fraglich, ob die Ventilsteuerung in manchen Fällen nicht noch der Schiebersteuerung weichen muss.

Bevor ich zu der Beschreibung der mir patentirten Coulissensteuerung übergebe, möchte ich noch auf einen Hauptübelstand der Steuerung mit einfacher Coulisse aufmerksam

machen. Jeder, der sich mit der Coulissensteuerung beschäftigt hat, weiss, dass ein grosser Nachtheil in der unregelmässigen Dampfvertheilung liegt und dass man in der Praxis sich dadurch hilft, die Schieber so zu reguliren, dass sie bei dem meistbenutzten Füllungsgrade den Dampf gleich lange Zeit vor oder hinter den Kolben gelangen lassen. Erwähnter Uebelstand schliesst demnach den Gebrauch der einfachen Coulisse bei Maschinen, die eine sehr regelmässige Umdrehungszahl bei den verschiedensten Widerständen erheischen, aus, abgesehen davon, dass es dem Regulator schwer fallen möchte, sämmtliche Füllungsgrade zu beherrschen. Oben angegebene Unregelmässigkeit der Dampfvertheilung ist wol eine Hauptursache, dass bei stationären Maschinen die Coulissensteuerung weniger angewandt worden ist, und sollte es mich freuen, wenn nunmehr, nachdem es gelungen, bei Gebrauch der Coulissensteuerung die regelmässigste Dampfvertheilung sowie die sicherste Einwirkung des Regulators auf sämmtliche Füllungsgrade zu erreichen, der Coulissensteuerung einige Beachtung geschenkt würde.

Bei der in Fig. 1 bis 3, Tafel XXIII, dargestellten Steuerung für Dampfmaschinen wird die veränderliche Expansion durch Veränderung der Schieberwege bewirkt.

Der Weg des Grundschiebers ist constant und durch das Grundexcentrik bestimmt.

Auf dem durchbrochenen Grundschieber gleitet der Expansionsschieber, welcher ebenfalls ein durchbrochener Schieber ist. Derselbe wird durch das Expansionsexcentrik bewegt. Die Bewegung des letzteren wird durch die Excentrikstange zunächst auf eine um einen festen Zapfen schwingende Doppelcoulisse *a* übertragen; von letzterer erhält durch eine Verbindungsstange *b* der Kreuzkopf *c* und durch diesen der Expansionsschieber mittelst der Schieberstange seine Bewegung.

Um nun den Weg des Expansionsschiebers veränderlich zu machen, ist die Doppelcoulisse oben mit einem gabelförmigen Lager versehen, in welchem ein Baluncier *d* gelagert und auf dem Zapfen vermittelst Keil befestigt ist. Auf denselben Zapfen ist auch der Steuerhebel *e* aufgekeilt und der Angriffspunkt dieses Hebels ist nach dem Drehpunkte der Coulisse gelegt. Wird nun der Steuerhebel vom Regulator verdreht, so dreht sich der Baluncier in demselben Sinne und werden infolge dessen durch die Verbindungslaschen *f* und *g* die Coulissensteine verschoben und zwar der eine Stein nach unten, der andere nach oben und umgekehrt.

Die Doppelcoulisse ist daher weit empfindlicher als die einfache Coulisse.

Damit der Dampf auf beiden Seiten des Kolbens bei einer bestimmten Stellung der Coulisse bezw. des Steuerhebels gleich lange Zeit zuströmt, sind die Curven der Coulisse dem entsprechend zu construiren. Die dem Schieberkasten zunächst liegende Curve ist ein Kreisbogen, mit der Verbindungsstange der Coulisse mit dem Kreuzkopfe *c* um den Zapfen der letzteren beschrieben. Die Curve der Coulisse nach der Excentrikseite hin ist mit der angenäherten Länge der Excentrikstange beschrieben; es liegt in ihr die Correctur, um für alle Schieberwege ein und dieselbe Mittellinie zu erhalten.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass die Einwirkung des Regulators ebenso sicher wie momentan, und dass die Entlastung der Schieber keineswegs Bedingung ist.

## Seeweg-Beleuchtung.

System Julius Pintsch.

(Hierzu Fig. 4 und 5, Tafel XXIII.)

In Berücksichtigung des Umstandes, dass die jetzt übliche Beleuchtung der Küsten und Hafeneinfahrten theils sehr theuer, theils ungenügend ist, hat die Firma **Julius Pintsch** in Berlin sich damit beschäftigt, das ihr patentirte Gasbeleuchtungssystem, welches bei der Beleuchtung der Eisenbahnwagen*) bereits in ausgedehntem Masse Verwendung findet, auch für Seeweg-Beleuchtung nutzbar zu machen. In erster Reihe ist hierbei die **Markirung des Fahrwassers** bei der Einfahrt in die Häfen oder auf grossen Flüssen ins Auge gefasst, und es wird dieser Zweck dadurch erreicht, dass die jetzt gebräuchlichen **Bojen**, welche am Tage dem Schiffer den Weg weisen, durch ähnliche Bojen, die jedoch mit Gas gefüllt sind, und in denen, was bei dem verhältnissmässig geringen Preise des Gases angänglich ist, die Flammen Tag und Nacht brennen, ersetzt werden, so dass also auch bei Nacht die Benutzung des Fahrwassers ermöglicht ist.

Ebenso werden aber auch die **Leuchtschiffe** mit ihren sehr bedeutenden Unterhaltungskosten leicht und zuverlässig durch solche Bojen theilweise ersetzt werden können; auch liessen sich auf steilen Ufern durch Gas erleuchtete Warnungszeichen, entsprechend den **kleinen Leuchtthürmen**, aufstellen. Die Füllung aller solcher Apparate würde durchaus keine Schwierigkeiten machen.

Die Unterhaltungskosten solcher Apparate sind nur gering und die Kosten der Anschaffung der Apparate dürften gegenüber der Wichtigkeit, welche die durch Beleuchtung des Fahrwassers für die Schifffahrt gewonnene Sicherheit hat, kaum in Betracht zu ziehen sein.

Unterstützt durch den Rath bewährter Fachleute hat die Firma seit etwa 2 Jahren vielseitige Versuche angestellt, welche zwar noch nicht als abgeschlossen zu betrachten sind, welche aber schon recht befriedigende Resultate ergeben haben. Diese Versuche haben gezeigt, dass die angeordnete Laterne als solche in ihrer Construction allen Ansprüchen genügt; weder der grösste Sturmwind, noch eine Welle, noch selbst ein momentanes Untertauchen der Laterne konnte die Flamme in derselben zum Erlöschen bringen.

Die Construction der Boje selbst, welche nach den zu berücksichtigenden Ortsverhältnissen verschieden sein wird, erfolgt unter Zuziehung der betr. Sachverständigen.

Um über die erwähnten Versuche einiges mitzutheilen, so wurde eine Modellboje, welche vor zwei Jahren nach England ging, zuerst auf einem hohen Ufer der Themse aufgestellt, wo sie den heftigen Winden preisgegeben war. Nach einem Berichte des Secretärs des Trinity-House hat sie dort vom 29. August bis 26. September ohne Unterbrechung ein helles Licht gegeben. Versuche, durch Spritzen von Wasser unter hohem Druck das Licht auszulöschen, hatten keinen Erfolg. Darauf wurde die Boje in See gebracht und $^3/_4$ deutsche Meilen vom Lande entfernt in der Nähe eines Leuchtschiffes, von welchem aus sie beobachtet wurde, verankert. Hier zeigte sie ein auf 4 engl. Meilen sichtbares Licht und stand 21 Tage in See, trotz heftiger Stürme ununterbrochen leuchtend. Auch der anfangs befürchtete Salzniederschlag auf den Scheiben der Laterne trat nicht ein.

Infolge dessen wurde vom Trinity-House die Construction zweier Bojen angeordnet, welche auf verschiedenen Seestationen ausgelegt werden sollten, einer mit 90tägiger und einer mit 30tägiger Brennzeit. Beide sollten einen nahezu sphärischen Bojenkörper erhalten, während die erste Modellboje eine gestreckt conische Gestalt gehabt hatte.

So konnte auch eine in der Sitzung des Hauses der Gemeinen am 10. März 1879 gestellte Frage, die Beleuchtung der Seewege betreffend, namentlich wie weit die Regierung in Betracht gezogen habe, ob es möglich sei, Küstenbojen mit irgend einem künstlichen Lichte zu beleuchten, dahin beantwortet werden, dass ein Project zur Beleuchtung von Bojen mit Gas seit mehreren Monaten in Betracht gezogen sei, mit welchem das Trinity-House sehr interessante Versuche anstelle. Man hoffe im Laufe des bevorstehenden Sommers mit besonders dazu construirten Bojen eingehende Versuche machen zu können.

Ferner äusserte sich bei einem Banket, welches das Trinity-House unter Vorsitz des Herzogs von Edinburgh und in Gegenwart des Prinzen von Wales am 28. Juni feierlich beging, der erstere folgendermassen: „Ich kann noch einen weiteren und sehr wichtigen Punkt erwähnen, welcher ganz neu und noch im Stadium der Versuche ist, die Auslegung von Bojen an exponirten Stellen auf See. Mittelst comprimirten Gases, durch ein neues Verfahren können diese Bojen ein Licht während einer sehr beträchtlichen Zeit zeigen. Bei einem Versuche, der an einer sehr exponirten Stelle angestellt wurde, brannte das Licht 30 Tage lang, und weder Wind noch Wellen löschten es aus. Ich glaube, diese Erfindung

*) Vergl. hierüber Bd. XVII, S. 495 d. Z.

wird später einen sehr wichtigen Factor für den Schutz unserer Schifffahrt abgeben."

Die oben erwähnte Modellboje wurde demnächst nach Dundee geschafft und auf dem Tay-Flusse ausgelegt. Hier, wie später in mehreren anderen Häfen gab sie Beweise ihrer grossen Brauchbarkeit. Der Hafen-Ingenieur D. Cunningham in Dundee spricht in einem Briefe an Pintsch's Patent Lighting Company limited in London seine Ueberzeugung aus, dass man Bojen von genügendem Fassungsraum werde bauen können, um ohne weitere Wartung ein beständiges Licht für 6 Monate zu erhalten. Das Licht selbst könnte dann hoch genug gestellt werden, um es auf eine Entfernung von 6 bis 7 engl. Meilen sichtbar zu machen. Wünschenswerth sei es, dem Lichte noch einen besonderen Charakter zu geben.

Auch in Russland sind seit mehreren Jahren und unter den schwierigsten Witterungsverhältnissen umfassende Versuche zu voller Zufriedenheit der massgebenden Persönlichkeiten ausgefallen. Jetzt steht wieder eine Boje in der Neva, bis auf 10 Werst sichtbar, und hat sich bei starkem Sturme vollständig bewährt.

Die deutsche Marine hat vor Wilhelmshafen eine 120tägige Boje aufgestellt, und es ist die Laterne auch dort allen Anforderungen gerecht geworden. Ein genau so gebautes Exemplar war in der Berliner Gewerbeausstellung aufgestellt, konnte aber natürlich auf dem Trocknen kein sehr anschauliches Bild geben.

Endlich ist auch in Schweden eine Boje genauen Versuchen unterzogen worden; in Oesterreich, Italien, Frankreich und Amerika zeigt sich gleichsfalls Interesse für dieselben.

Die Fig. 4 und 5 zeigen die erwähnte nach Schweden gelieferte Boje und zwar Fig. 4 in ihrer Zusammenstellung, Fig. 5 die Laterne, letztere in $^1/_4$ nat. Gr.

Der Apparat besteht aus drei Haupttheilen, dem Gasrecipienten, der Regulirvorrichtung und der Laterne.

Der Gasrecipient *a* (Fig. 4) wird mit comprimirtem Gase gefüllt und durch Ketten und Anker am Meeresboden befestigt; auf diesem Recipienten bezw. auf dieser Boje befindet sich ein durch die Verankerung $K_1$, $K_2$ und $K_3$ gesichertes Rohr *F*, auf welchem die Laterne *c* mit der Regulirvorrichtung angebracht ist.

Unter der Laterne am Rohre *F* in Fig. 4 sitzt eine Füllvorrichtung mit einem Absperrventil; letzteres dient dazu, wenn es geöffnet und vermittelst eines Schlauches mit einem grossen Compressionsreservoir in Verbindung gebracht ist, die Boje mit Gas zu füllen. Aus dem Compressionsreservoir, in welchem das Gas bis zu einem Drucke von etwa 10 Atm. comprimirt ist, lässt man dasselbe so lange in die Boje strömen, bis in letzterer die beabsichtigte Spannung von etwa 6 Atm. vorhanden ist. Dieses Gasdruckes wegen ist die Verbindung der einzelnen Bleche an derselben durch Schweissung hergestellt. Nach dem Füllen werden die Absperrventile an der Boje wie an dem Compressionsreservoir geschlossen und die Schlauchverbindung entfernt. Liegen nun verschiedene Bojen in nicht zu weiter Entfernung von einander, so fährt man mit einem bezw. mehreren Compressionsreservoiren, welche auf einem dazu eingerichteten Schiffe gelagert sind, von einer Boje zur anderen und füllt dieselben auf vorher beschriebene Weise. Durch die Gasabgabe verlieren die grossen Behälter an Druck, doch kann man bei hinreichender Grösse und Anzahl derselben hinreichend viele Bojen füllen, ehe der Druck in denselben auf 6 Atm. herabgesunken ist.

Die Brennzeit der Flammen richtet sich ganz nach dem Inhalte der Bojen bezw. nach dem Druck, welchen sie nach der Füllung erhalten haben. Ist der Inhalt z. B. $8^{cbm}$ und beträgt der Druck in derselben 6 Atm., so ist darin ein Gasquantum aufgespeichert, welches bei normalem Atmosphärendruck $= 8 \times 6 = 48^{cbm} = 48000^{l}$ beträgt. Verbraucht dann die Flamme in 24 Stunden $480^{l}$, so ist bei dieser Füllung von 6 Atm. eine Brennzeit von 100 Tagen gerechnet.

Um nun den hohen Gasdruck in der Boje auf den gewöhnlichen Brenndruck für die Flammen (gegen $15^{mm}$ Wassersäule) zu reduciren, ist in dem unter der Laterne befindlichen Behälter *b* (Fig. 4) der Regulator angebracht, dessen eigenthümliche Construction es bewirkt, dass der Brenndruck für die Flamme in der Laterne stets gleichmässig bleibt, gleichgiltig welchen geringeren oder grösseren Gasdruck die Boje besitzt. Die Theile des Regulators sind so abbalancirt, dass derselbe in jeder Lage bei Schwankungen und selbst bei Stössen genau functionirt.

Dieser Regulator wirkt in folgender Weise: Der Metallbehälter *y*, Fig. 5, ist oberhalb von einer gasdichten Membran, die durch Präparation gegen alle Einflüsse geschützt ist, bespannt. Diese Membran steht durch Hebel *c* so mit dem Abschlussventil *b* der Zuleitung von der Boje in Verbindung, dass das Abschlussventil um so mehr sich schliesst, je mehr die Membran durch den Gasdruck im Regulator gespannt bezw. nach oben gedrückt wird und umgekehrt. Um den richtigen Gasdruck für die Flammen herzustellen, wird die Membran durch die Feder *d*, die an dem Hebel *c* sitzt, so angespannt, dass sie den richtigen Druck für die Flamme bewirkt. Der Regulator ist oben durch den Rahmen *x* und den Deckel *w* abgeschlossen, auf welchem das Brennerrohr *u* sitzt. Das Gas geht aus dem Regulator durch den Hahn *g* und die Rohre *e* und *u* zum Brenner *a*.

Den dritten Hauptheil des Apparates bildet die auf dem Rohre *F* über dem Regulator angebrachte Laterne. Dieselbe sitzt auf dem halbkugelförmigen Gehäuse *y*, welches den Regulator umgiebt. Auf diesem Gehäuse ist in der Rundung ein stabiles Gitter befestigt, dessen Oeffnungen durch starke gebogene Glasscheiben c vollständig dicht verschlossen werden; die punktirten Kreuze in Fig. 5 stellen die Stäbe des Gitters vor.

In der Mitte dieses Cylinders brennt bei *a* die Flamme, umgeben von einer Fresnel'schen Linse *b*, *b*, welche den grössten Theil der Strahlen auffängt. Die Linse ist aus prismatischen Ringen, welche über einander liegen, zusammengesetzt. Alle Strahlen, die auf die innere Fläche dieser Linse fallen, werden so gebrochen, dass sie sämmtlich in eine Horizontalebene geworfen werden; es nimmt demnach das Licht nicht im Quadrate der Entfernungen, sondern im geraden Verhältniss ab, so dass die Tragweite des Lichtes dadurch bedeutend vergrössert wird.

Die Linse steht auf einem ringförmigen Untersatz *d* und ist durch Liderung gedichtet; von oben wird dieselbe durch einen prismatischen Ring *e*, der durch sechs Spiralfedern *e'*, *e''* ... vermittelst der Laternenkappe angedrückt wird, gedichtet. Unter der Flamme befindet sich ein kegelförmiger Reflector *t* von polirtem Neusilberblech.

Die Stabilität der Flamme wird durch die eigenthümliche Luft-Zu- und Abführung hervorgebracht. In der Zeichnung ist der Weg, den die Luft nehmen muss, durch Pfeile angegeben, nach welchen die Luft in die unteren Löcher der Kappe *u* eintritt; sie geht dann unter Krümmungen in die Laterne zwischen den Kappen *g* und *h* hindurch, durch kleine Oeffnungen in den Deckel der Laterne, auf welchem die Blechkappe ruht, und strömt ausserhalb der Fresnel'schen Linse nach unten durch den Untersatz *v*, wo sie sich wieder nach oben wendet und innerhalb der Linse zu den Flammen gelangt. *o* und *p* sind tellerförmige Scheiben zum Schutz der darüber liegenden Oeffnungen gegen Wind- und Wasserstösse.

Die Verbrennungsproducte gelangen durch den Schornstein *f* und nach verschiedenen Krümmungen längs *k* und *i*, wie die Pfeile andeuten, durch die oberen Oeffnungen der äusseren Kappe bei *m* ins Freie. Zum Zusammenhalten der einzelnen Schutzkappentheile dient die Schraube *q*.

Die Kappe ist mit einem Scharnier *r* und einer Verschlussschraube bei *s* versehen, um das Putzen der Linse sowie der inneren Laterne ohne Schwierigkeiten vornehmen zu können.

Um die Boje stabil zu erhalten, ist dieselbe nach unten hin durch das Rohr *g*, Fig. 4, verlängert, am untersten Ende desselben ist ein Gegengewicht *h* angebracht, wodurch sie die verticale Stellung erhält. An der Oese *i* des Contregewichtes wird die Ankerkette befestigt. R. Z.

## Technische Literatur.

### Mathematik.

**Fünfstellige gemeine Logarithmen** der Zahlen und der Winkelfunctionen von 10 zu 10 Secunden nebst den Proportionaltheilen ihrer Differenzen. Von August Gernerth.

Zweite Auflage. Durchgesehen von Professor Johann Spielmann. 144 S. Wien, 1878. Friedrich Beck. —

Die Tafeln enthalten zunächst die Logarithmen der Zahlen bis 10000 nebst den Proportionaltafeln, um alle Logarithmen der Zahlen bis 100000 zu entwickeln, und zwar in einer Einrichtung, dass auch die letzte Ziffer noch möglichst correct gefunden wird. Die Tafeln der Logarithmen der Kreisfunctionen sind besonders zweckmässig so eingerichtet, dass auf je zwei gegenüber liegenden Seiten die sämmtlichen Functionen je eines Grades von 10 zu 10 Secunden enthalten sind. Das Format des Buches ist dadurch ein auffallend hohes Octav geworden, was aber seiner Handlichkeit bei dem Gebrauche wol kaum Abbruch thut. Eine Reihe kleinerer Tafeln, der Arcus, Sehnen u. s. w. sowie eine durch viele Beispiele erläuterte Anweisung zum Gebrauche des Buches sind den beiden Hauptabschnitten beigefügt. E. F.

**Mathematische und geodätische Hilfstafeln** mit Kalendarium für das Jahr 1879. 6. Auflage des Kalenders für Vermessungskunde, herausgegeben von Dr. W. Jordan, Prof. am grossh. Polytechnikum zu Karlsruhe. 106 S. Stuttgart, 1878. K. Wittwer. —

Nachdem des Verfassers Kalender für Vermessungskunde zu erscheinen aufgehört hat, hat er das Tabellenmaterial in vermehrter Form zur Ausgabe gebracht. Das meiste findet sich heute fast in jedem technischen Kalender vor, so dass man für den Feldgebrauch gewöhnlich genügend vorbereitet ist. M.-K.

## Heizung und Ventilation.

**Praktisches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung** in öffentlichen und Privatgebäuden nach dem System der Aspiration. Unter Zugrundelegung von Morin's „Manuel du chauffage et de la ventilation“ bearbeitet von Ludwig Degen, fürstl. v. Thurn- und Taxis'scher Baurath. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 4 Tafeln Abbildungen. 354 S. (Preis 5 ℳ.) München, 1878. J. Lindauer. —

Gleich der von uns Bd. XIII, S. 780 d. Z. besprochenen ersten Auflage des Buches lehnt auch die vorliegende zweite an das Morin'sche Handbuch an, sie hat indessen durch Hinzunahme einer grösseren Zahl von Anlagen und Einfügung neuerer Erfahrungen von ihrem Original sich freier gemacht.

Die Anordnung des Stoffes ist die frühere; im ersten Theile allgemeine Regeln über Heizung enthaltend, ebenso aphoristisch wie das französische Original; und wenn auch der Verfasser dieses heimischen Verhältnissen anpassen will, räumt er den Verhältnissen der Kamine, die in Deutschland wol stets eine Spielerei bleiben werden, doch die gleiche Wichtigkeit ein wie sein Gewährsmann. Die Oefen werden, als zur Ventilation weniger geeignet, sehr kurz abgefertigt, dagegen die Kohlenoxydfrage ziemlich breit behandelt. Von den Centralheizungen hat nur die Luftheizung eine eingehendere Besprechung gefunden.

Im zweiten Abschnitte sind die allgemeinen Regeln über Ventilation ziemlich erschöpfend vorgetragen, so weit sie, dem Original entsprechend, sich auf die Lufterneuerung durch Aspiration und vorwiegend auf die durch Temperaturunterschiede hervorgerufene beziehen.

In Uebereinstimmung hiermit bringt dann der dritte Abschnitt als praktische Anwendungen, von einzelnen neueren Zusätzen z. B. über Meidinger- und Wolpert-Oefen abgesehen, ausschliesslich Luftheizungsanlagen mit saugender Ventilation.

Was beim Lesen und Gebrauche des Buches etwas verdriesst, ist die mangelnde Durcharbeitung des Stoffes durch den Verfasser. Eigene Bemerkungen und die Citate aus seinen Quellen sind so unvermittelt neben einander gestellt, dass man häufig nicht recht weiss, ob der Verfasser spricht oder einer seiner Gewährsmänner. Hiervon abgesehen ist das Buch aber nach den angedeuteten Richtungen hin recht vollständig und giebt genügenden Aufschluss über alle einschlägigen Fragen. R. Z.

**Die Central-Dampfheizung und maschinellen Einrichtungen der rheinischen Provinzial-Irrenanstalten.** Von Marnitz, Ingenieur der rheinischen Provinzialverwaltung in Düsseldorf. Mit 19 Holzschnitten. 62 S. Berlin, 1879. Polytechnische Buchhandlung. —

Die vorliegende Broschüre, ein Separatabdruck aus dem „Rohrleger“ bringt eine recht eingehende Beschreibung der maschinellen Einrichtungen der Wasservertheilung für häusliche Zwecke, sowie für die Wasch- und Kochanstalt, namentlich aber der Heizungsanlage für die Provinzial-Irrenanstalt in Düren. Sieben von den einzelnen zur Anstalt gehörigen Gebäuden sind mit Dampfheizung in verschiedenen Formen, je nach Grösse und Zweck der Räume, versehen, welche von einer inmitten angeordneten Dampfkessel-Anlage gespeist wird. Der Verfasser giebt sehr eingehende Mittheilungen über diese Anlage, die Rohrleitungen, Anordnung der Oefen u. s. w., Alles mit genauen Massen und durch Skizzen erläutert. Es soll mit der Beschreibung dieser Anlage zugleich der Beweis geliefert werden, dass die in Amerika in Aussicht bezw. in Ausführung genommenen grossartigen Central-Dampfheizungen bereits bemerkenswerthe Vorläufer in deutschen Anlagen gehabt haben. R. Z.

## Bauwesen.

**Landwirthschaftlicher Wege- und Brückenbau.** Handbuch für Landwirthe, Culturtechniker, Forstwirthe, Bauleute und Gemeindevorstände. Von Dr. F. C. Schubert, Baurath u. s. w. zu Poppelsdorf. Mit 224 in den Text gedruckten Holzschnitten u. 4 lithogr. Tafeln. 275 S. Berlin, 1878. Wiegandt, Hempel & Parey. —

Der Verfasser hat in Anerkennung des Bedürfnisses das vorhandene Material mit grosser Sorgfalt gesichtet und bearbeitet und in gemeinfasslicher Darstellung vorgetragen. Neues ist in Ansehung des Gegenstandes nicht zu erwarten. Die mathematischen Entwickelungen für die Berechnung der Constructionstheile hölzerner Brücken setzen nur die nothwendigsten mathematischen Kenntnisse der Festigkeitslehre voraus. Die Angaben für Gewölbe und Widerlagsstärken massiver Brücken basiren sämmtlich auf Erfahrungssätzen, ein Umstand, der bei der Kleinheit der vorgeführten Bauwerke durchaus gerechtfertigt ist. Das Werk, vornehmlich für Praktiker bestimmt, erfüllt danach seinen Zweck vollkommen. Instructive Holzschnitte, Zeichnungen, Beispiele und vollständig durchgeführte Kostenanschläge und Berechnungen erhöhen die Brauchbarkeit in besonderem Masse.

Wenn wir etwas vermissen, so wäre dies eine tabellarische Zusammenstellung der wenigen gebrauchten Zahlenwerthe und Coefficienten, denen der Vollständigkeit und Uebersichtlichkeit halber wol eine Seite hätte gewidmet werden mögen. Dm.

## Eisenbahnwesen.

**Vorträge über Eisenbahnbau** am Polytechnikum zu Aachen von A. v. Kaven, Director des Polytechnikums. VI. Kurze Anleitung zum Projectiren von Eisenbahnen. Mit 3 Figurentafeln. 150 S. Aachen, 1878. J. A. Mayer. —

Die Vorträge sind zunächst für die Zuhörer am Polytechnikum bestimmt und machen in ihrer kurzen Fassung selbstverständlich nicht den Anspruch auf specielle Darstellung des Gegenstandes. Indessen können auch angehende Techniker mit Vortheil dieselben zum Weiterstudium benutzen. In den Abschnitten, Vorerwägungen, Traciren, weitere Bearbeitung des Projectes, sowie das Betriebs-Material in seinen Beziehungen zur Bahn findet man alles, was beim Projectiren zu beachten ist. Ein Beispiel des Ganges der Erwägungen und der Vorarbeiten für eine secondäre Bahn in gebirgigem Terrain und einige Literatur im Anhange können als brauchbare Auskunftsmittel angewendet werden. M.-K.

**Der Maschinendienst auf der Brennerbahn.** Von Victor Kramer, Werkstättenchef der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft. Mit fünf Tabellen. 78 S. (Preis 4 ℳ.) Wien, 1878. Lehmann & Wentzel. —

Die uns vorliegende Broschüre zeichnet sich durch die vielen in ihr niedergelegten praktischen Winke und durch die sachliche Darlegung der für den Maschinendienst auf Gebirgsbahnen massgebenden Verhältnisse aus. In dem ersten Abschnitte wird ein Gesammtbild der Trace der Brennerbahn entworfen. Im zweiten Abschnitte werden die bewegenden

Kräfte besprochen und die Ermittelungen der Nutzeffecte der einzelnen zur Verwendung kommenden Maschinengattungen gegeben. An dieser Stelle möchten wir für die Folge eine etwas übersichtlichere und präcisere Fassung in der Entwickelung der Einzelwerthe, sowie eine sorgfältigere Correctur der reichlich vorhandenen Druckfehler empfehlen. Es ist immer unbequem, Rechnungen zu verfolgen, die ganz in Ziffern durchgeführt sind, von welchen die Bedeutungen häufig erst aus dem nachfolgenden Texte herausgesucht werden müssen. Die nachfolgenden Abschnitte behandeln in Gegenüberstellung der Maschinen mit vier Kuppelachsen und derjenigen mit drei Kuppelachsen alle Factoren, welche auf den Maschinendienst und auf die Zugförderungskosten Einfluss haben. Man entscheidet sich in Rücksicht der auf der Brennerbahn statthabenden Steigungsverhältnisse (25 pro Mille) und der dort üblichen Zuggeschwindigkeiten (15 bis 18km pro Stunde) für die erstgenannte Maschinengattung. Ganz besonders eingehend sind die Adhäsionsverhältnisse, die Einflüsse der Geschwindigkeit, das Sandstreuen und das Schieben der Züge durch die Reservemaschinen besprochen. Der dritte Abschnitt behandelt die Wirkung der Lechatelier-Bremse, der Tender- und Wagenbremsen und verlangt namentlich, dass die letzteren an Zahl so stark gewählt sein sollen, dass sie allein im Stande sind den Zug selbst, auch noch bei ungünstigen Betriebsverhältnissen, zum Stehen zu bringen, während die Tenderbremse für die Maschine und die Lechatelier-Bremse für den Nothfall zur Anwendung kommen soll. Das in dem Werkchen gegebene Material ist von so grossem Werthe, dass wir das Buch durchaus empfehlen können. A. M.

**Bericht über Strassenbahnen**, Tramways und deren Einführung in Zürich. Im Auftrage der Gemeindecommission der Stadt Zürich und der Ausgemeinden erstattet durch A. Bürkli-Ziegler, städtischer Ingenieur und P. E. Huber, Director des Gewerbemuseum. 150 S. und 2 Tafeln. (Preis 4 *M.*) Zürich, 1878. Orell Füssli & Co. —

Infolge mehrfacher an sie gestellter Anträge, die Anlage von Strassenbahnen betreffend, beauftragte die Gemeindecommission der Stadt Zürich die Verfasser mit Erstattung eines eingehenden Berichtes über die in Rede stehende Frage. Die vorliegende Denkschrift, welche ein Heft der von der Verlagshandlung herausgegebenen „Technischen Mittheilungen“ bildet, enthält die Resultate der von den Beauftragten angestellten Untersuchungen und die darans gezogenen Schlussfolgerungen und liefert durch seine umfassende und eingehende Darstellung und Erörterung aller einschlägigen Verhältnisse einen willkommenen Beitrag zu der Literatur der behandelten Frage. Was darin speciell sich auf die Verhältnisse der Stadt Zürich bezieht, wird von dem Leser leicht auszuscheiden und nöthigenfalls durch etwa abweichende Beziehungen des ihn angehenden oder ihm näher liegenden Falles zu ersetzen sein.

Die Einleitung bildet eine Classification der dem öffentlichen Verkehr dienenden, auf eine bestimmte Fahrlinie angewiesenen Beförderungsmittel von den Haupteisenbahnstrecken bis zu den Omnibuslinien, wobei der besondere Charakter der Strassenbahnen eingehender erörtert wird. Es folgt ein Capitel über die rechtliche Stellung der Bahnen zum Staate unter Anziehung der in anderen Staaten bereits geltenden Bestimmungen, wobei der Nachweis geführt wird, dass das für die schweizerischen Eisenbahnen übliche Concessionsverfahren auf Strassenbahnen nicht wohl anwendbar sei.

In dem umfänglicheren Abschnitt über die Constructionsverhältnisse der Strassenbahnen wird zunächst die Wahl der Spurweite erörtert, dann der Einfluss der Gleisanlagen auf die Strassenfläche und deren Unterhaltung sowie auf den übrigen Strassenverkehr besprochen, endlich die verschiedenen Systeme der Bahngleise und ihre Anlage- und Unterhaltungskosten näher betrachtet. Der folgende Abschnitt hat den Betrieb zum Gegenstande und beschäftigt sich mit der Zahl der Fahrten, der Anlage der Ausweichstellen, den Fahrtaxen und der Einrichtung der Wagen, um dann näher auf die Besprechung der aufzuwendenden Zugkraft einzugehen. Hier werden naturgemäss die zum Betriebe dienenden Maschinen einer eingehenden Erörterung unterzogen, die Maschinen mit Feuerung und die feuerlosen Locomotiven, die mit dem Wagen fest verbundenen und die nur mit ihm gekuppelten einander gegenüber gestellt (von der Brown'schen und der Mékarski'schen Locomotive sind Ansichten gegeben), sowie der Einfluss des Maschinenbetriebes auf den sonstigen Strassenverkehr beleuchtet.

Eine Rentabilitätsberechnung bildet den Abschluss dieser Betrachtungen, in den zusammenfassenden Schlussfolgerungen werden die Eigenthümlichkeiten der Strassenbahnen zusammengestellt, ihre Vortheile angeführt, aber auch die mit ihnen verbundenen Nachtheile nicht verschwiegen. R. Z.

**Handbuch für specielle Eisenbahntechnik** unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von Edm. Heusinger v. Waldegg, Oberingenieur u. s. w. Fünfter Band: Bau und Betrieb der Secundär- und Tertiärbahnen einschliesslich der schwebenden Draht- und Seilbahnen. 2. Hälfte. Seite 321 bis 660, Tafel XVII, XLVII bis LXXXXIX. (Preis 30 *M.*) Leipzig, 1878. W. Engelmann. —

Seite 92 d. B. ist der ersten Hälfte des vorliegenden Bandes bereits Erwähnung gethan. Mit der vorliegenden zweiten Hälfte hat nun zunächst der V. Band und damit zugleich das grosse Handbuch für specielle Eisenbahntechnik seinen Abschluss gefunden.

Dem immer mehr erwachenden und wachsenden Interesse für Secundär- und Tertiärbahnen u. s. w. gegenüber, ist ein vollständiges Compendium dieser Bahnen Bedürfniss geworden, indem eine ausführliche mit Zeichnungen begleitete Beschreibung aller dieser Transportmittel bisher gefehlt hat. Namentlich gilt dies von den Oberbausystemen und Betriebseinrichtungen der Strassenbahnen, deren Bedeutung in den letzten Jahren unverhältnissmässig rasch zur Geltung gekommen und einer immer weiteren Steigerung fähig ist. Das durch Zusammenwirken der hervorragendsten Eisenbahntechniker zu Stande gekommene und bereits anerkannte Werk wird seinen hohen Werth nicht allein in der Jetztzeit nutzbar machen, sondern unzweifelhaft auch für die Zukunft behaupten.

M.-K.

## Wasserräder.

**Die Gesetze des Turbinenbaues.** Von H. v. Reiche, Prof. des Maschinenbaues an der polytechnischen Schule in Aachen. Mit 24 in den Text gedruckten Holzschnitten. 120 S. (Preis 10 *M.*) Leipzig, 1877. Arthur Felix. —

Der schon als Autor auf anderen Gebieten der Maschinenbaukunde sich verdient gemacht habende Verfasser hebt in der Einleitung hauptsächlich die motorische Wirkung des Wassers durch seine Masse bei Turbinen hervor, während bei Wassersäulenmaschinen das Gewicht des Wassers zur Geltung kommt. Der folgende, die Classification der Turbinen behandelnde Abschnitt giebt uns zu der Bemerkung Veranlassung, dass wir die Meinung nicht theilen, dass Druckturbinen nur in freier Luft, niemals unter Wasser ausgiessen dürfen. Die alsdann folgende Aufstellung des Grundgesetzes, und die über die Bewegung und Wirkung des Wassers in den Turbinen entwickelten Ansichten sind dem Herrn Verfasser so eigenthümlich, dass man nicht überall sich leicht hineinfindet und von der Richtigkeit der gezogenen Schlüsse überzeugt wird. Doch bieten dieser Abschnitt und die folgenden immerhin so viel Belehrendes dar, dass wir das Studium dieser Arbeit zum Vergleich mit anderen denselben Gegenstand behandelnden Methoden recht empfehlen. Die Form der Radschaufeln empfiehlt der Verfasser von dem absoluten Wege des Wassers abzuleiten, und diesen bestimmt er auf die Annahme hin, dass auf diesem Wege die Verzögerung eines jeden Wassertheilchens im Sinne der Bewegungsrichtung der Schaufel gemessen constant ist. Die Ausstattung des Buches ist eine opulente, in Anbetracht auf Rauminanspruchnahme des sauberen Druckes auf schönem Papier. R. W.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

# B. Meÿer:

## Sicherheitskessel, Patent J. G. Schmidt.

Fig. 1. Vorderansicht.

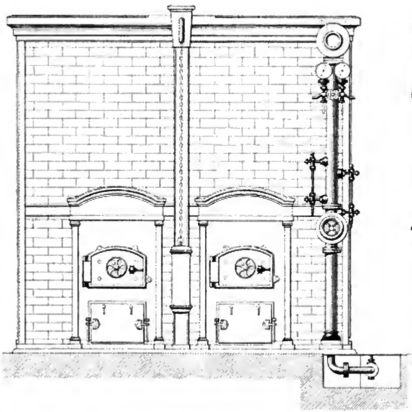


Fig. 2. Seitenansicht.

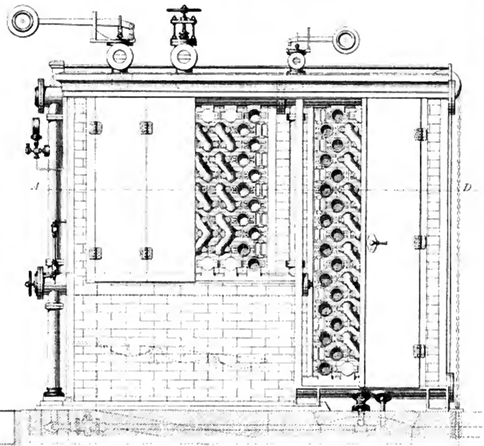
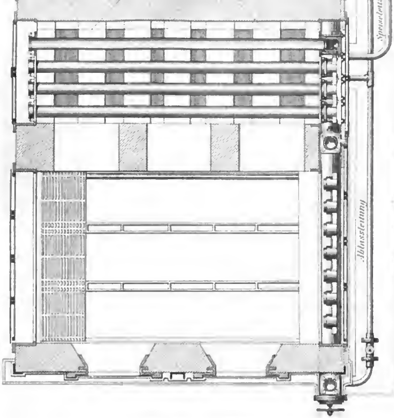


Fig. 3. Grundriss nach A D. (Fig. 2.)



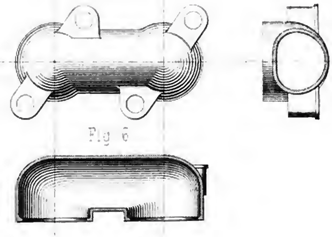
Kgl. Hof. Lith. ...




## Verbindungsbogen aus schmiedbarem Guss.

(Fig 4 bis 6)

Fig 4 Fig 5 Fig 6



## Aufgeschraubter Rohrkopf aus schmiedbarem Guss

Fig 7 bis 9

Fig 7 Fig 8 Fig 9

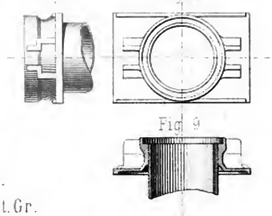
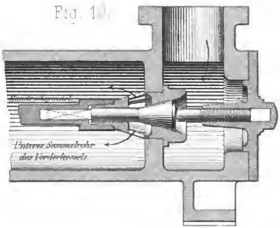


Fig. 10




## Uebergangs-Ventil.

Fig 10

Details in 1/5 nat Gr.

Kesselzeichnung 1/30 nat. Gr.

# C. Prött:

## Entlastete Praecisions-Schiel

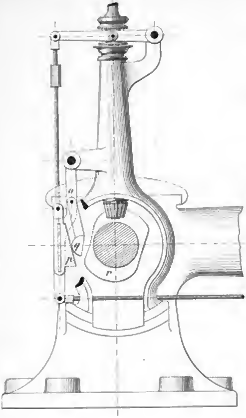


Fig.1. Längenschnitt

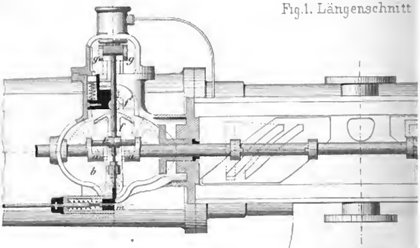
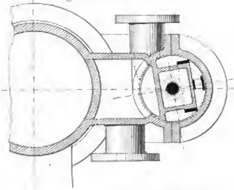




Fig.2 Querschnitt



Allgemeine Anordnung.

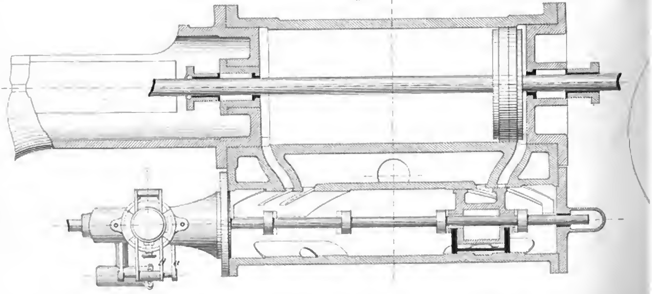
Fig.1 bis 3.

[1/10 nat. Gr.]

Expansionsvorrichtung.

Fig.4 bis 6.

Fig.3. Grundriss



# ersteuerung.

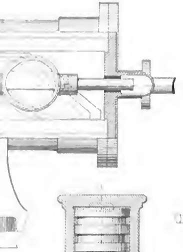


Fig. 4. Grundriss

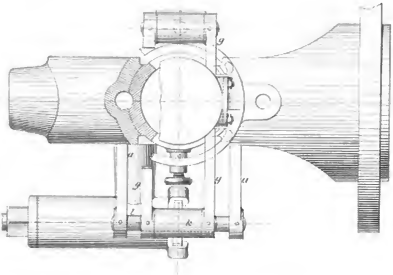


Fig. 5 Querschnitt

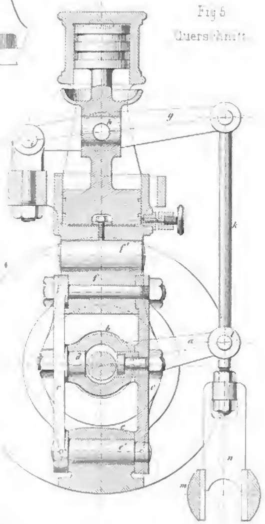
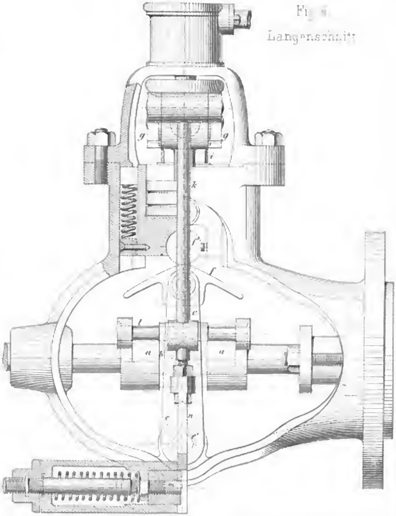
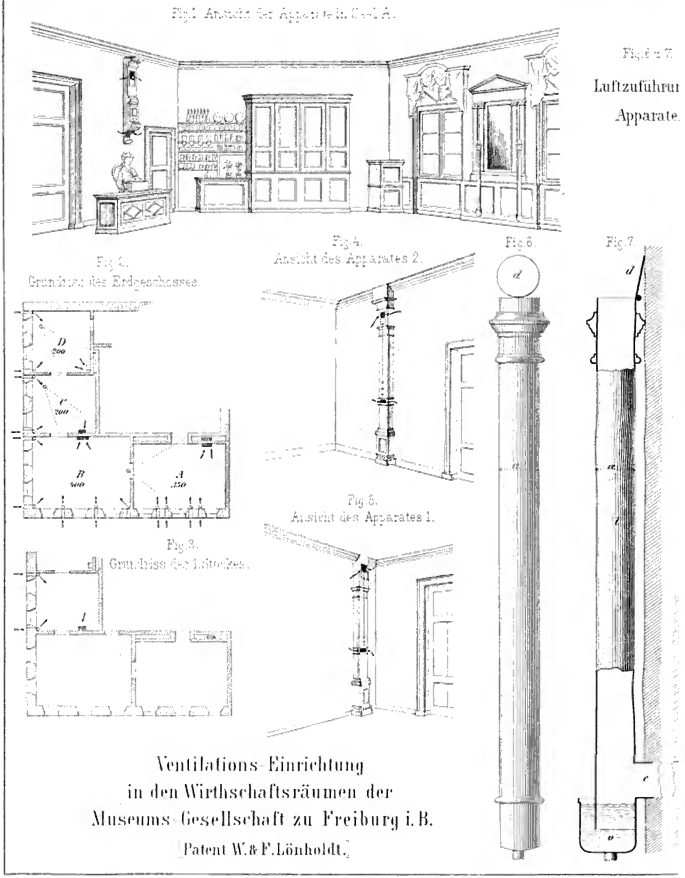


Fig. 6. Längenschnitt

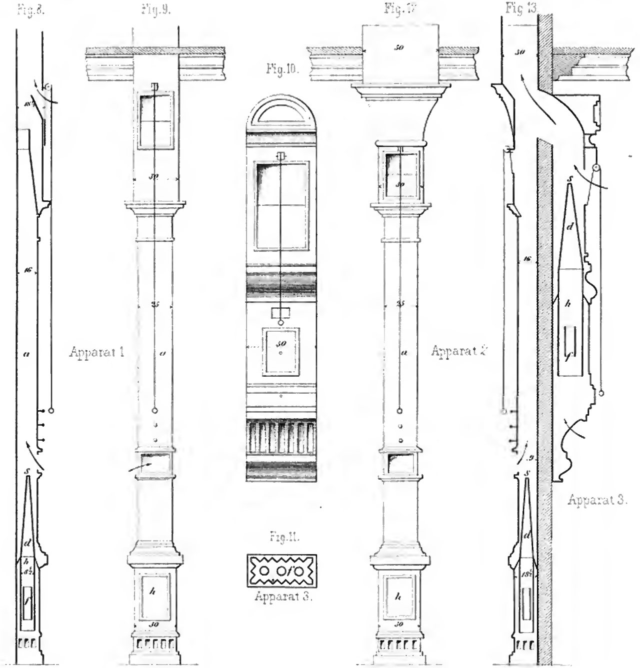


Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin

Fig. 1. Ansicht der Apparate in Saal A.




Ventilations-Einrichtung
in den Wirthschaftsräumen der
Museums-Gesellschaft zu Freiburg i. B.
(Patent W. & F. Lönholdt.)



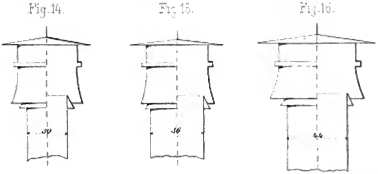



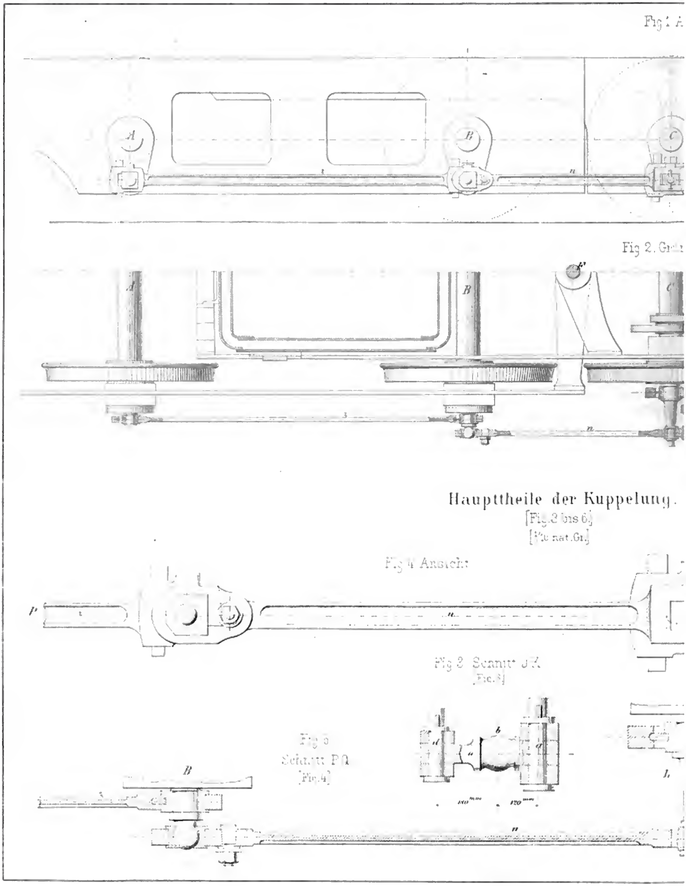

Fig.8 bis 13

**Luftaussaugungs-Apparate.**

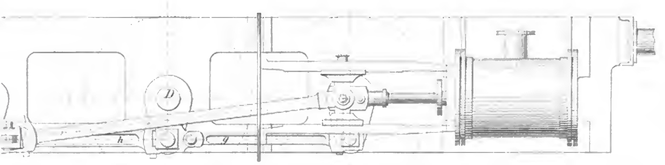
Fig.14 bis 16.

**Luftsaugerhüte.**

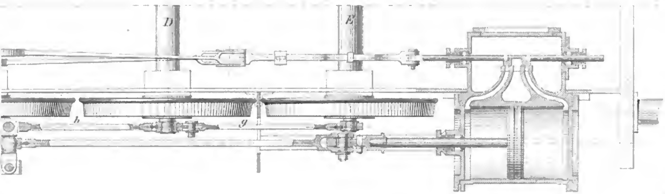
[Die Details 1/25 nat. Gr.]


Haupttheile der Kuppelung.
[Fig.3 bis 6]
Fig 4 Ansicht
Fig 5
Schnitt PQ
[Fig.4]

…nsicht.




…rniss



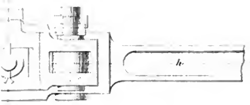
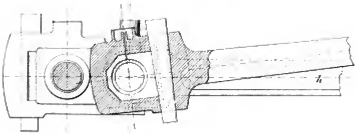
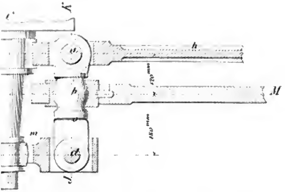




Fig 5. Schnitt LM [Fig 4]

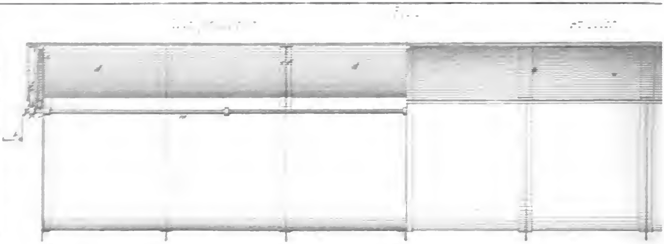


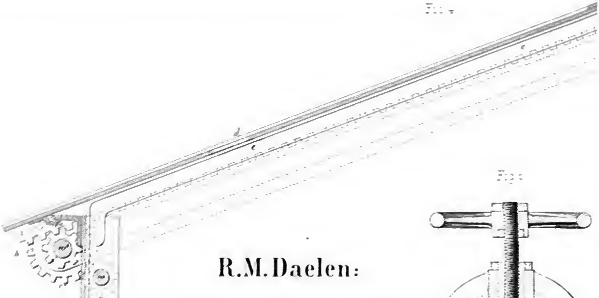



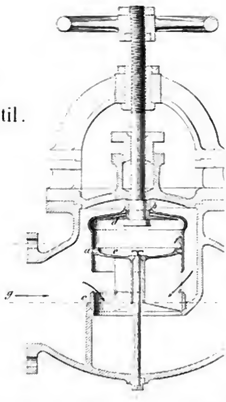

# Räderkuppelung für Gebirgslocomotiven.

[Patent R. Vogel.]

## Allgemeine Anordnung.







## R.M.Daelen:

### Entlastetes Dampfventil.

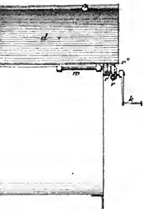
[Fig. 6.]

[¼ nat. Gr.]

## August Wilke:

### Bewegliche Bedachung an Eisenbahn-Güterwagen.

[Fig. 1 bis 4.]



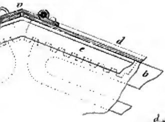
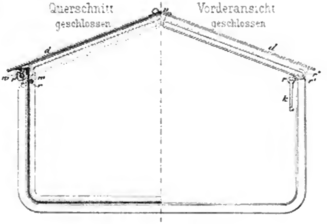


Fig. 2




Detail in Fig. 4
4 facher Mafsstab

# W. Theis:

## Selbstthätiger Schmierapparat.

[Fig. 5.]

[1/4 nat. Gr.]

Fig. 3.

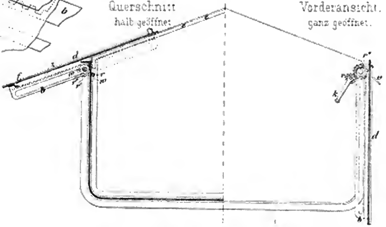



Fig. 5.

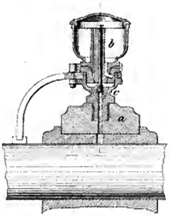


Fig. 7.

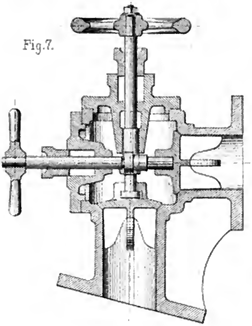
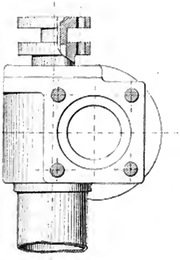


Fig. 8





# W. Theis:

## Speiseventil.

[Fig. 7 u. 8.]

[1/4 nat. Gr.]

Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin.

Fig. 1. Ansicht der Apparate in Saal A.

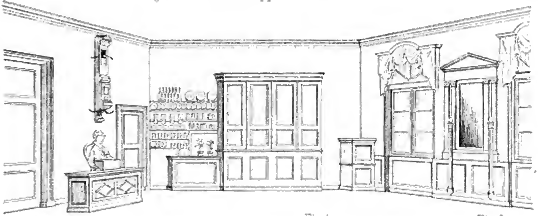


Fig. 6 u. 7

Luftzuführun[g]

Apparate.

Fig. 2.
Grundriss des Erdgeschosses

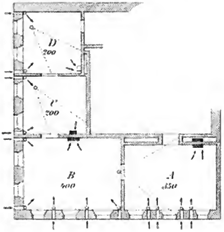



Fig. 3.
Grundriss des 1. Stockes.



Fig. 4.
Ansicht des Apparates 2.



Fig. 5.
Ansicht des Apparates 1.

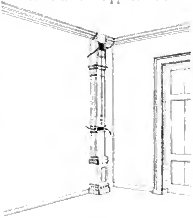
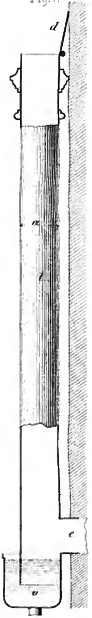


Fig. 6.

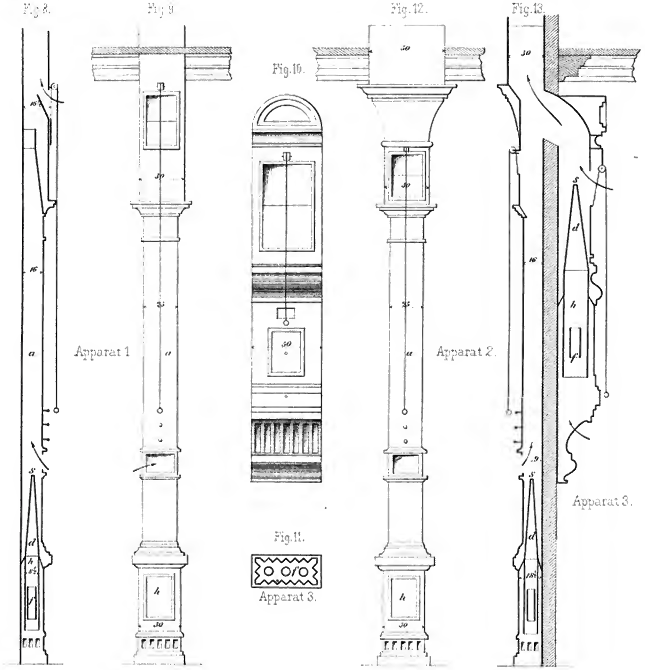



Fig. 7.




# Ventilations-Einrichtung in den Wirthschaftsräumen der Museums-Gesellschaft zu Freiburg i. B.

(Patent W. & F. Lönholdt.)



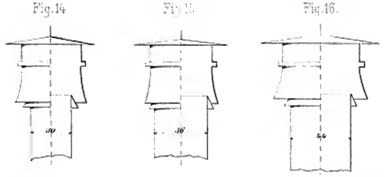




Fig. 8 bis 13.

**Luftaussaugungs-Apparate.**

Fig. 14 bis 16.

**Luftsaugerhüte.**

Fig. 1. A

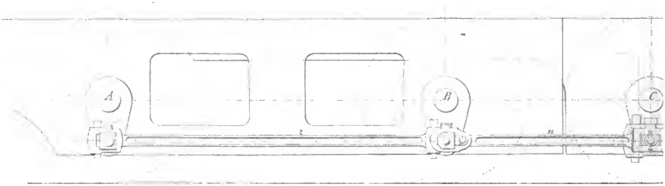
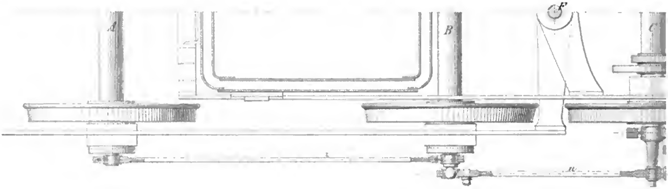
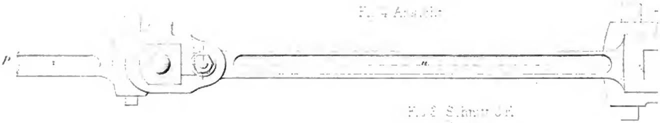
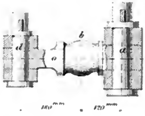


Fig. 2. Gru

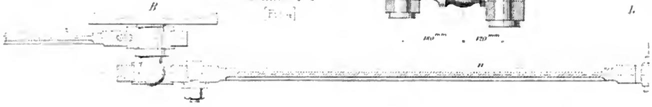


## Haupttheile der Kuppelung.

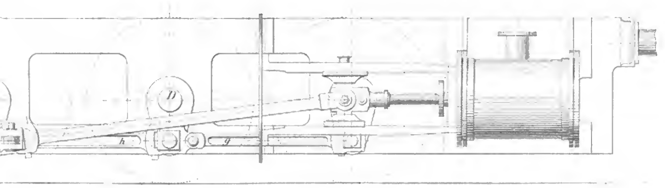




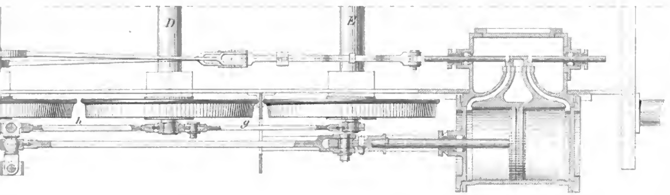




.sicht.




.driss



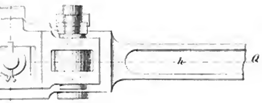
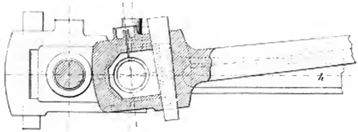
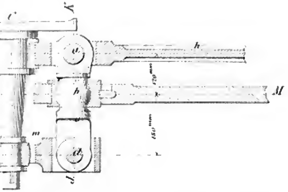




Fig 5 Schnitt L M. [Fig. 4]




# Räderkuppelung für Gebirgslocomotiven.

[Patent R. Vogel.]

## Allgemeine Anordnung.

[Fig 1 u. [illegible]]

[Fig 5 nat. Gr.]

Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin.

Fig 1.

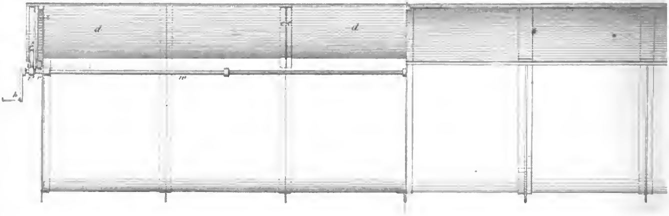



Fig 4.

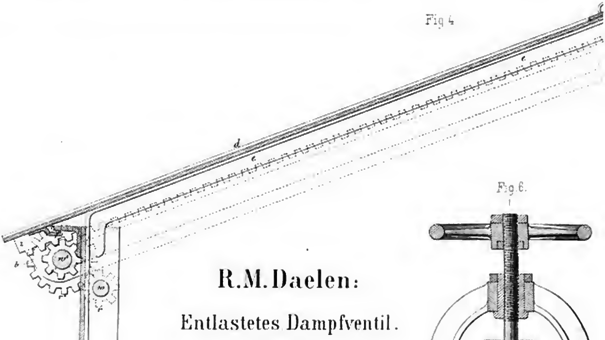
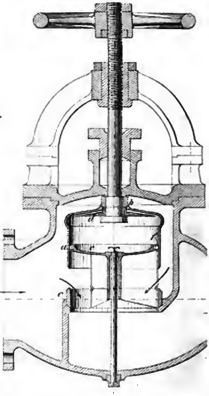



Fig. 6.




## R.M. Daelen:

Entlastetes Dampfventil.

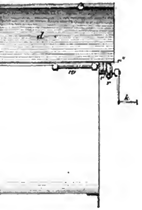
[Fig. 6.]

[1/8 nat. Gr.]

## August Wilke:

Bewegliche Bedachung
an
Eisenbahn-Güterwagen.

[Fi. 1 bis 4.]



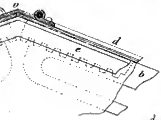
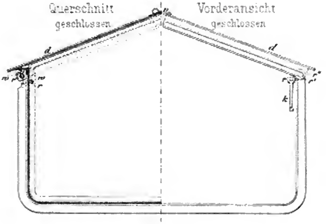


Fig. 2.




Detail in Fig. 4
4 facher Maßstab.

# W. Theis:

## Selbstthätiger Schmierapparat.

[Fig. 5.]
[¼ nat. Gr.]

Fig. 3.

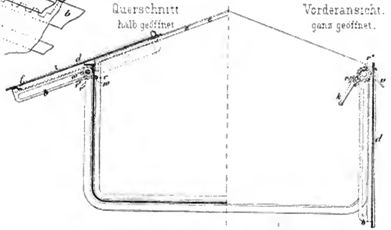



Fig. 5.

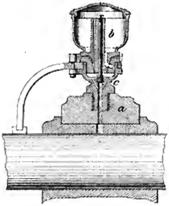


Fig. 7.

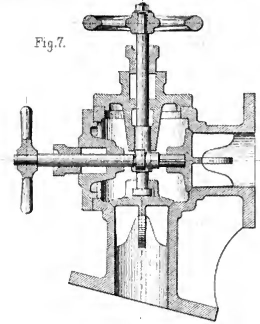
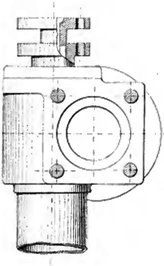


Fig. 8





# W. Theis:

## Speiseventil.

[Fig. 7 u. 8.]
[¼ nat. Gr.]

Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin

# E. A. Wiman: Heizungsanlage im neuen

Dampf Kachelofen mit Ventilation (Fig 1 u. 2)

Fig 1.

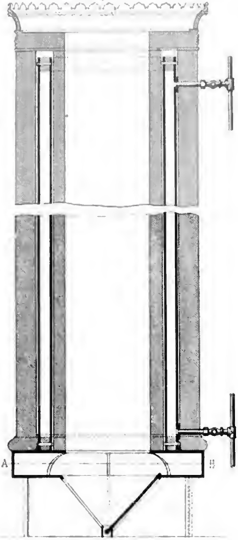
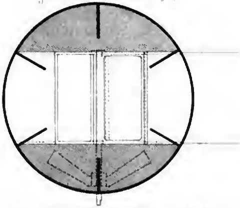



Fig 2. (Schnitt nach A B (Fig. 1.)



Dampf Kachelofen (Fig. 3 u. 4)

Fig. 3.

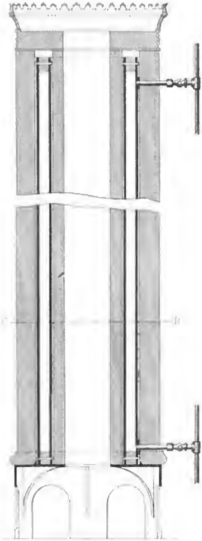


Fig 4. (Schnitt nach …)

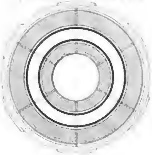
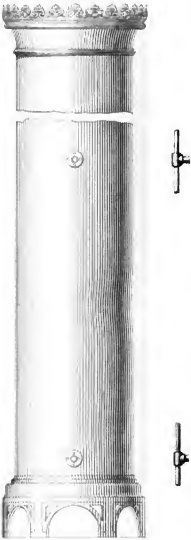


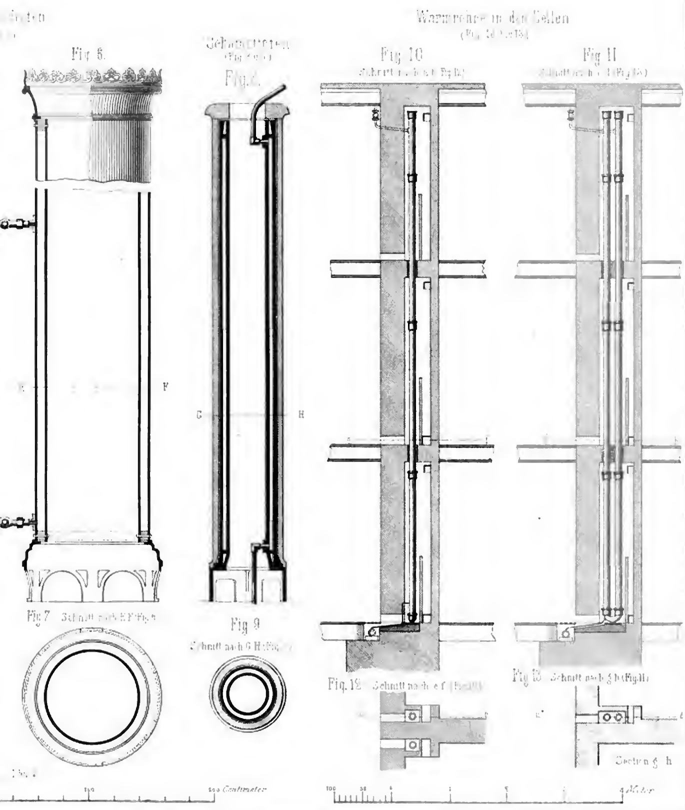
Fig. 5.



Heizkörper in den verschiedenen Räumen.



# Zellengefängniss auf dem Långholm zu Stockholm




…Burg Str. 6 Berlin.

# Verbesserter Regulir und Absperr-Apparat für Dampfmaschinen.

Dr R. Proell's Patent.

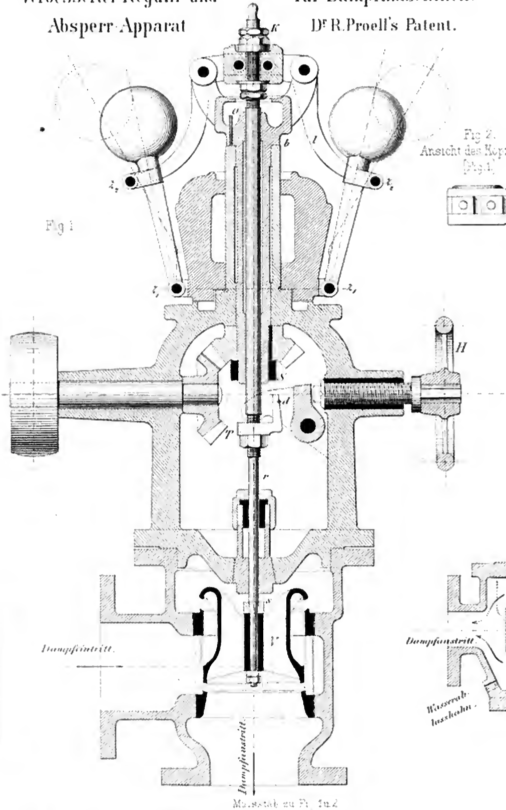
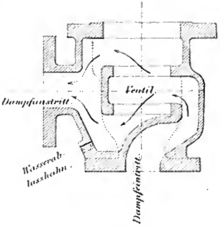



Fig. 1.

Fig. 2.
Ansicht des Kopfes b. K
(Fig. 1)

Fig. 3.






Maasstab zu Fig. 1 u. 2

...Schnitt M.O. [Fig 13]

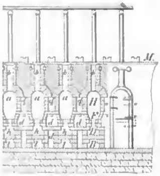


Fig.5. Schnitt T.U. [Fig 13]

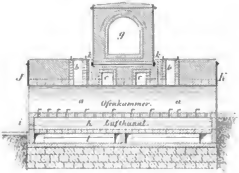
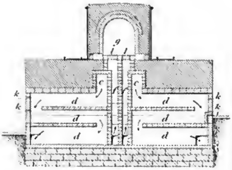



Fig.6. Schnitt V.W. [Fig 13]



...Schnitt C.D [Fig 4]

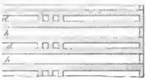


Fig.8. Schnitt E.F [Fig 4]

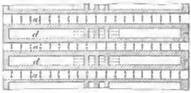
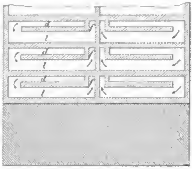


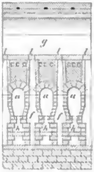
Fig.9. Schnitt A.B [Fig 4]



...Schnitt P.Q. [Fig 13]



Fig.11. Schnitt R.S. [Fig 13]



# R. Wintzek:

## Coksofen.

[D.R.P. № 2005.]

Maßstab zu Fig. 4 bis 15



...Schnitt G.H. [Fig 4]



Fig 13. Schnitt J.K. [Fig 5]

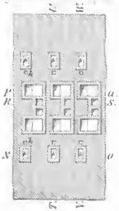


Fig 14. Schnitt L.M. [Fig 4]

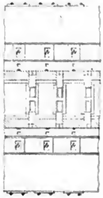


Fig 15. Oberansicht

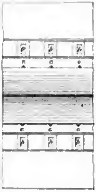


Fig. 1.

Fig. 2

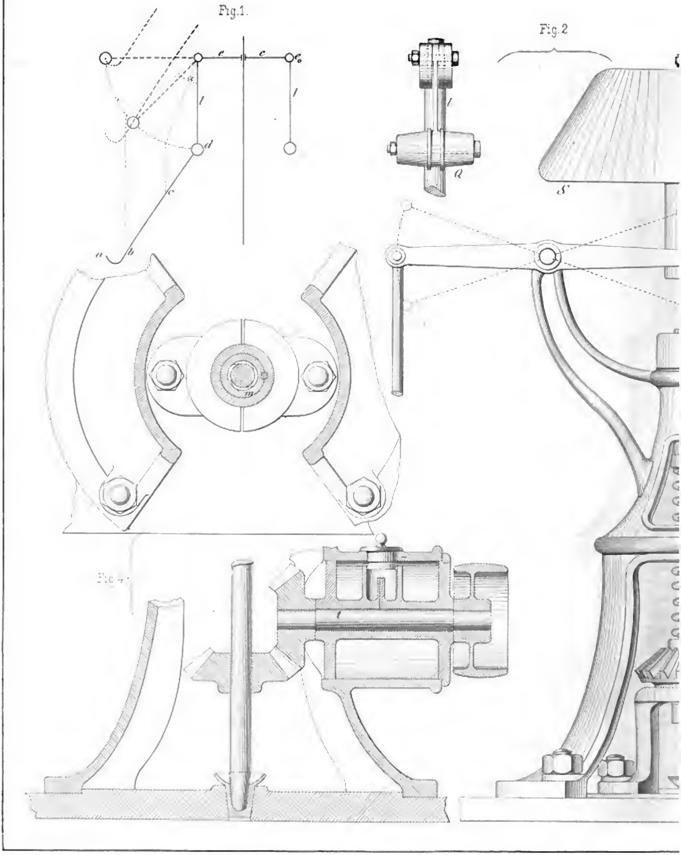


Fig. 4.

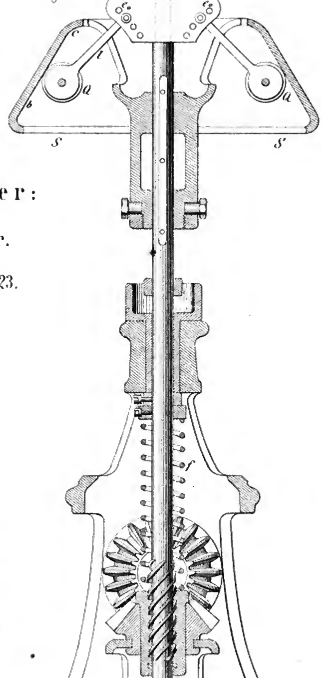


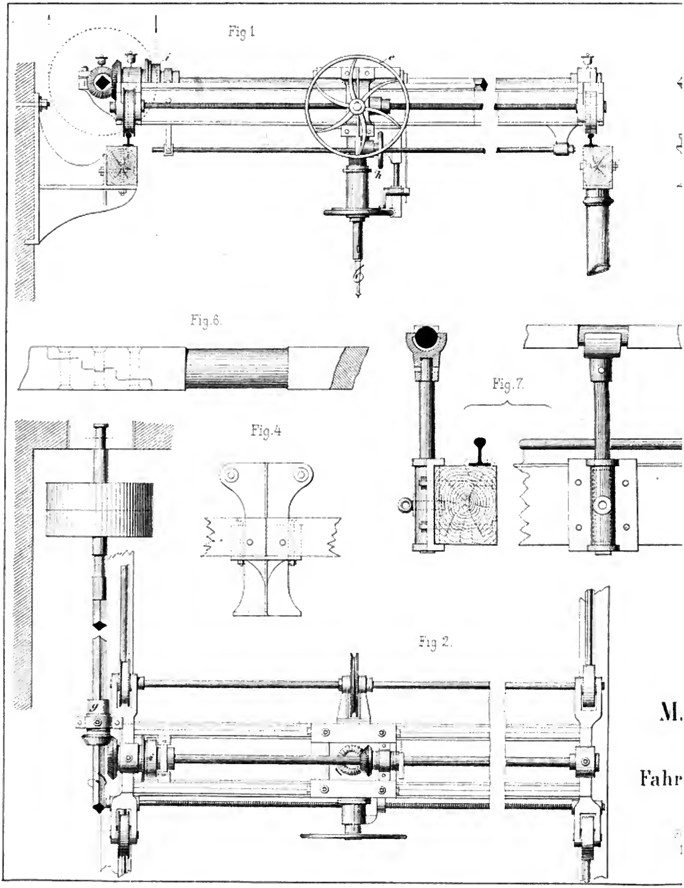

# R. R. Werner:

## Regulator.

D. Patent № 3423.

Fig. 3.






M.

Fahr

Fig. 3.

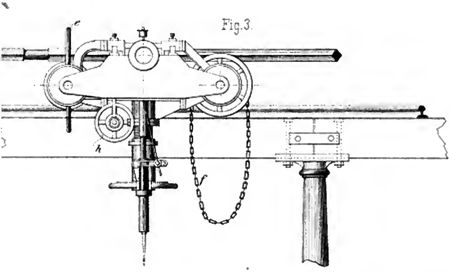
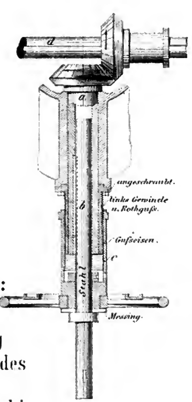


Fig. 5.




# Stan. Lentner:

## Mechanismus Zur Veränderung des Expansionsgrades bei oscillirenden Dampfmaschinen.

[Fig. 8 bis 12.]

Fig 8. Längenschnitt nach A B. [Fig. 9]

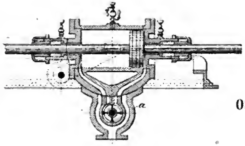




Fig. 9. Grundriss.

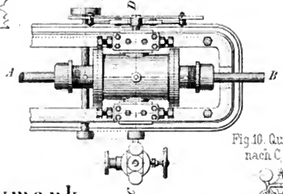


Fig. 11. Stellung der Steuerungshebel bei halbem Hube und halber Füllung.

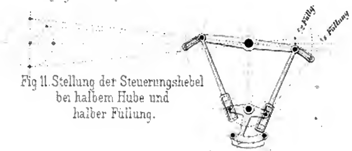


Fig. 10. Querschnitt nach C D [Fig. 9]

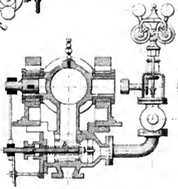
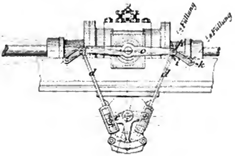


Fig. 12. Steuerungshebel für den Expansionsschieber

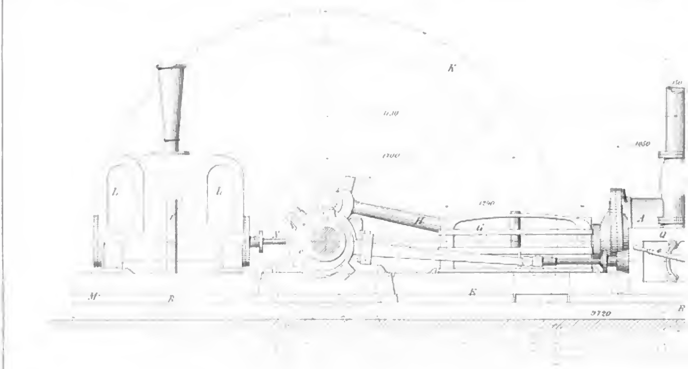


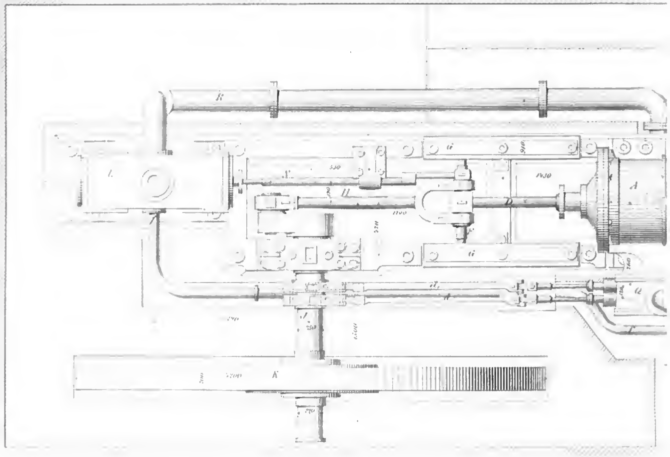
# Symank:

## Neue Bohrmaschine.

[Fig. 1 bis 7.]

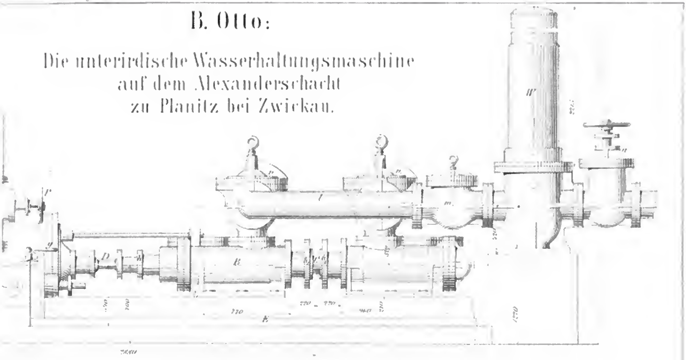
1 bis 4 : 1/20 nat. Gr.
5 u 7. 1/10 nat Gr.
Fig. 6 : 1/5 nat. Gr.


K
1650
H
G
A
Q
M
F
E
3720
F


R
L
G
A
D
H
Q
K

# B. Otto:

## Die unterirdische Wasserhaltungsmaschine auf dem Alexanderschacht zu Planitz bei Zwickau.



Wasserhaltungsmaschine

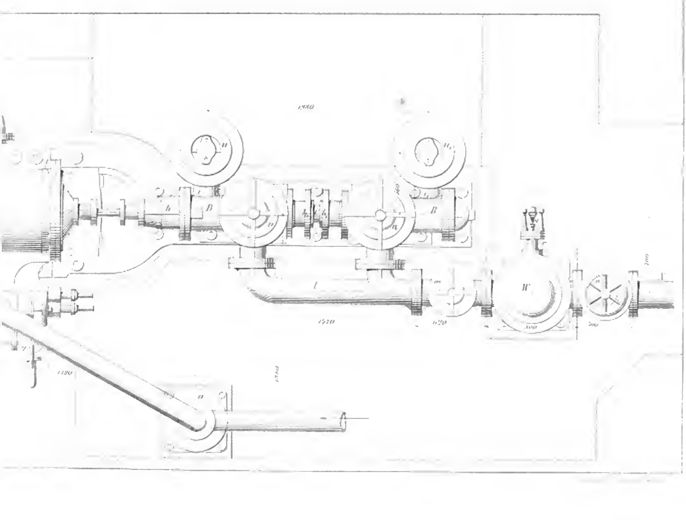
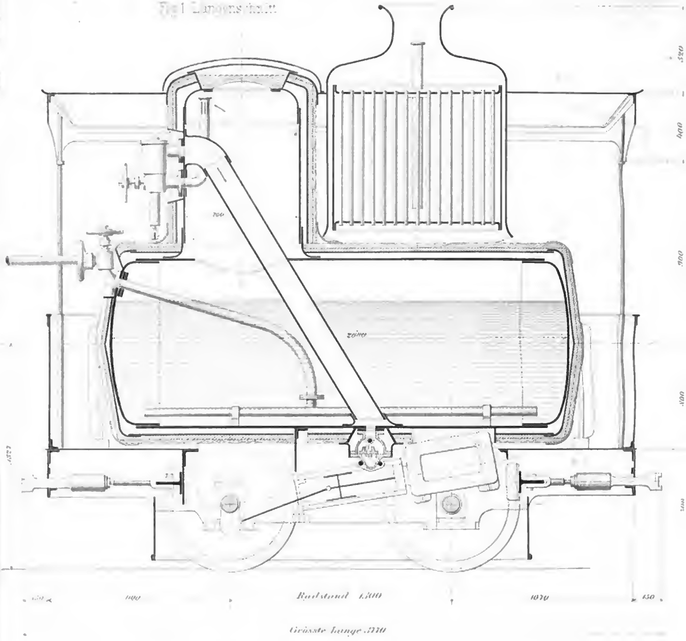


Fig. 1 Längenschnitt




# Helmholtz:

## Die feuerlose Locomotive.

## System E. Lamm und L. Francq.

# H. Rösicke:

## Heizkörper Ummante...

## für Centralheizung...

[Fig. 3 bis 5]

Maassstab zu Fig. 3 bis 5

Fig. 2
Querschnitt.

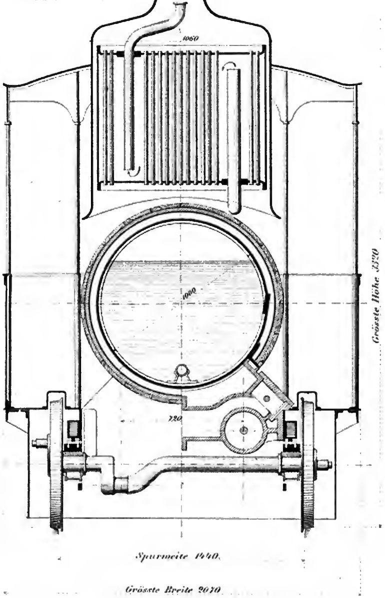



Fig. 3.

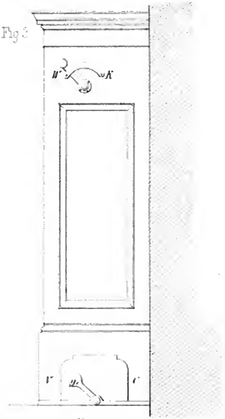


Fig. 4.

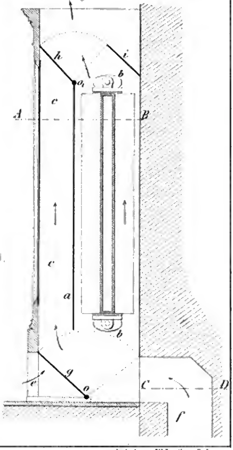
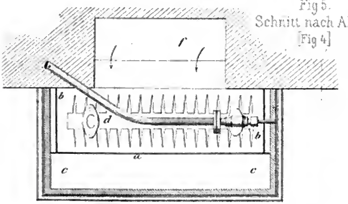



Fig. 5.
Schnitt nach ABCD.
[Fig. 4]



ung
en.

Fig. 1 Längenschnitt

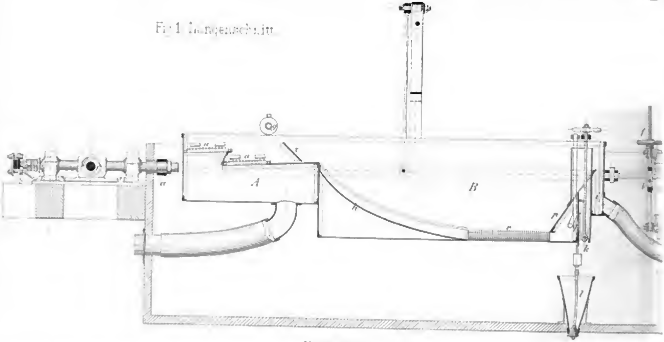


Fig. 2 Oberansicht

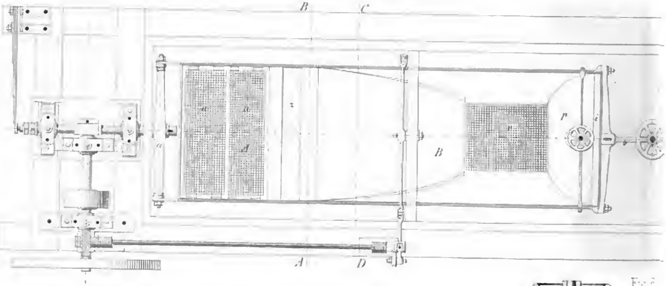
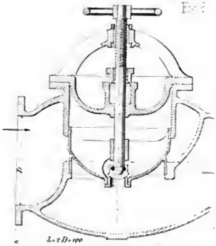


Fig. 3



# A. Artois:

## Aufbereitung von Kohlenschlämmen.

### Kohlen-Waschapparat.

[Fig. 1 bis 4]

# R. M. Daelen:

## Entlastetes einsitziges Absperrventil.

[Fig. 6 bis 8]



Fig 3.
…erschnitt nach AB. [Fig.2]

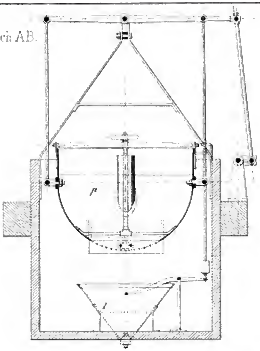
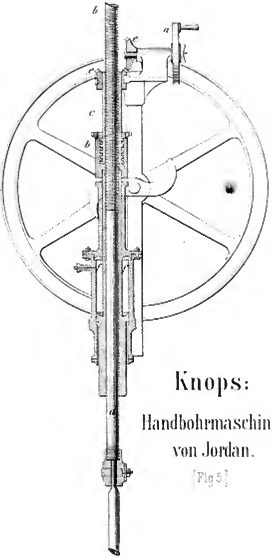


Fig 5



**Knops:**
Handbohrmaschine von Jordan.
[Fig 5]

Fig 4.
Querschnitt nach CD.[Fig.2]

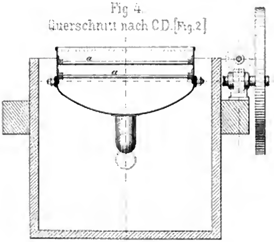


Fig. 7.

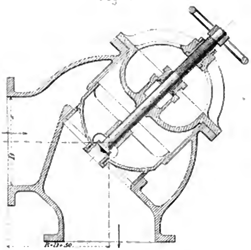
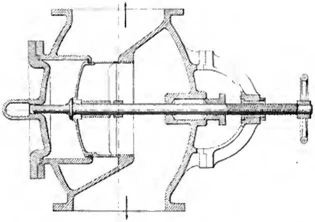
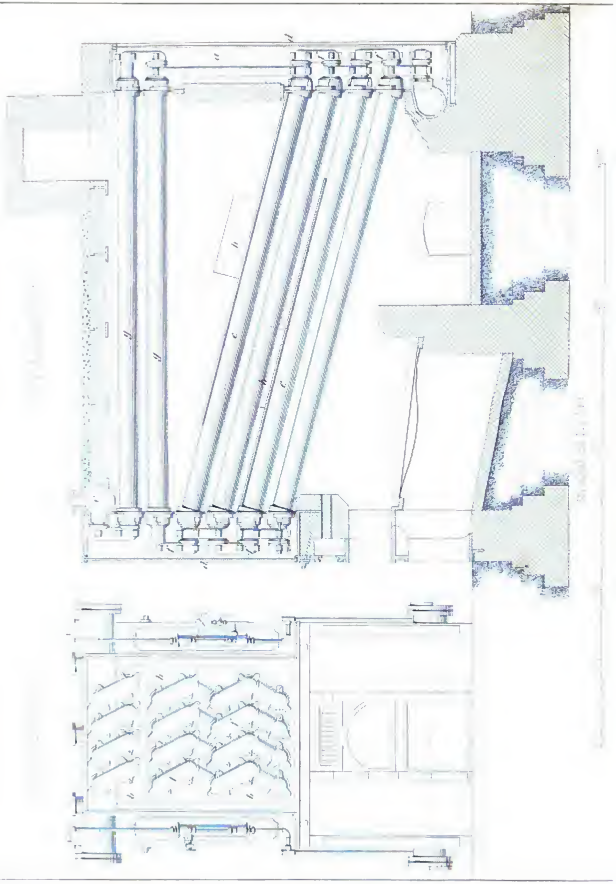


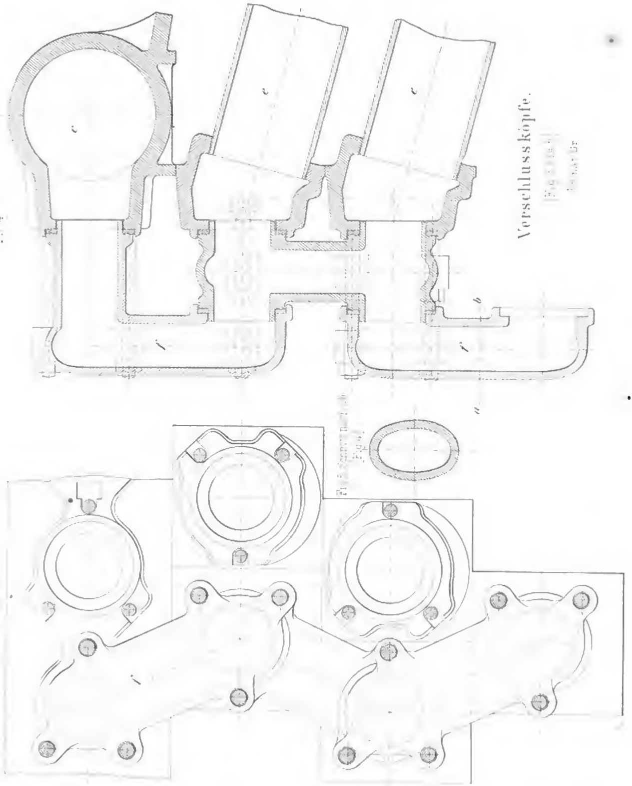
Fig. 8.

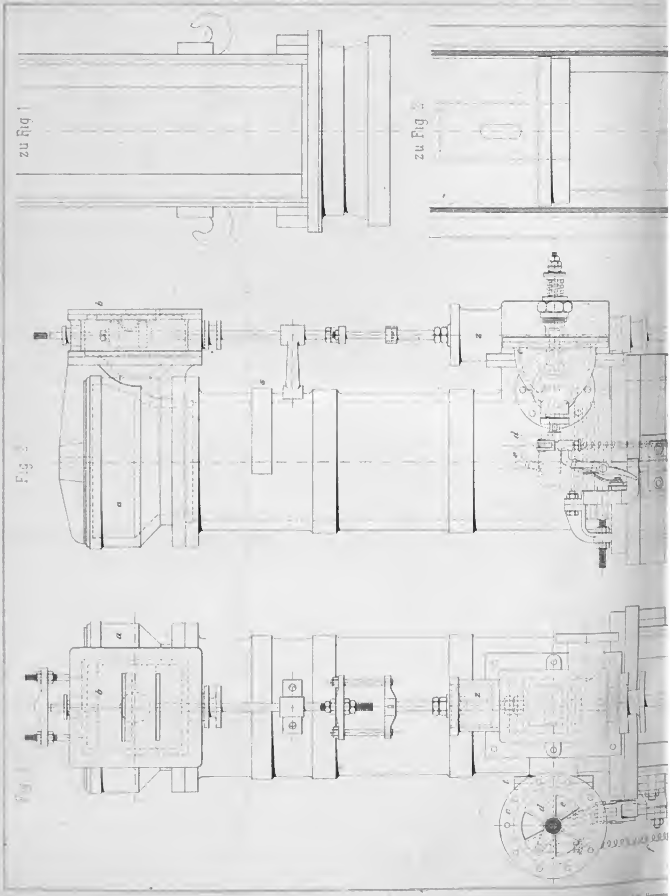


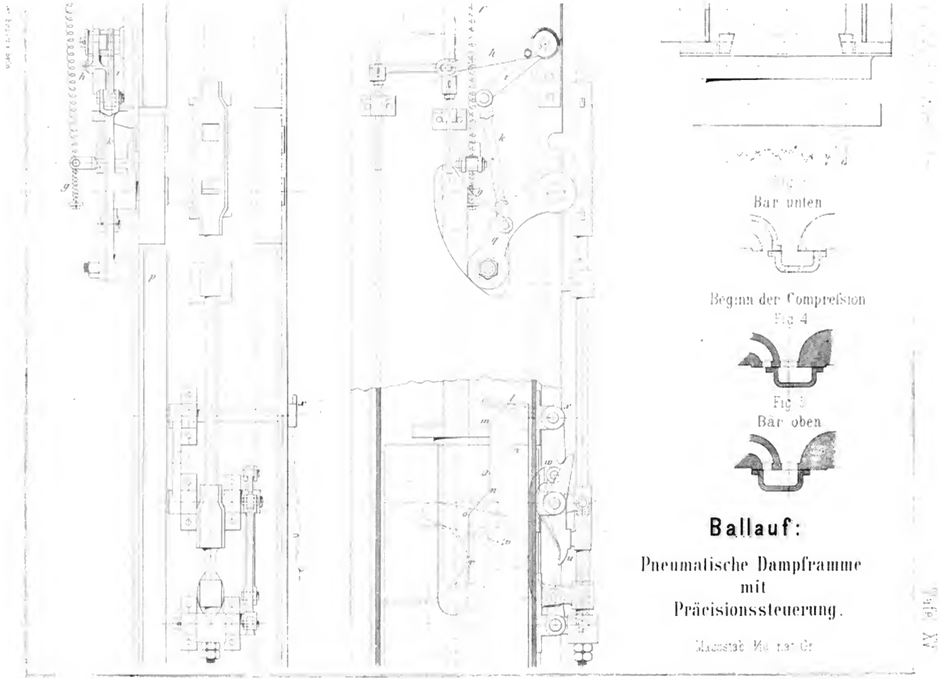
Lith.Anst.v.W.Loeillot in Berlin

Wasserröhren Kessel, Patent Carl Beissel.




Verschlussköpfe.


zu Fig 1
zu Fig 3
Fig 2
Fig 1
a
b
z
s
d


Tafel XV
Bär unten
Begınn der Compreſsion
Fig 4
Fig 5
Bär oben
Ballauf:
Pneumatische Dampframme
mit
Präcisionssteuerung.

# A. Pelissier:

## Selbstthätig veränderliche Meyer'sche Expansionssteuerung.

[Fig. 1 bis 3]

Fig 1.
Seitenansicht

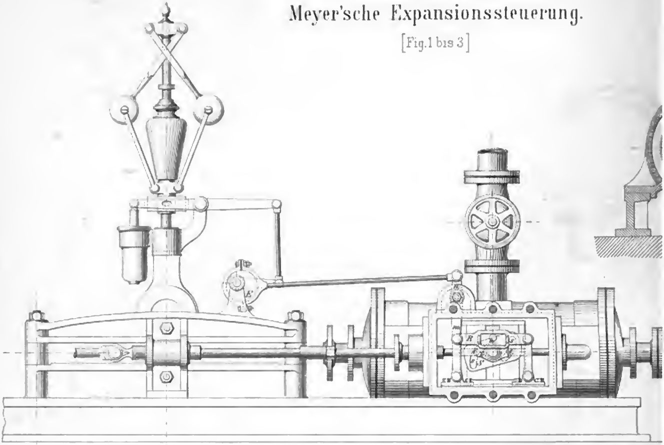
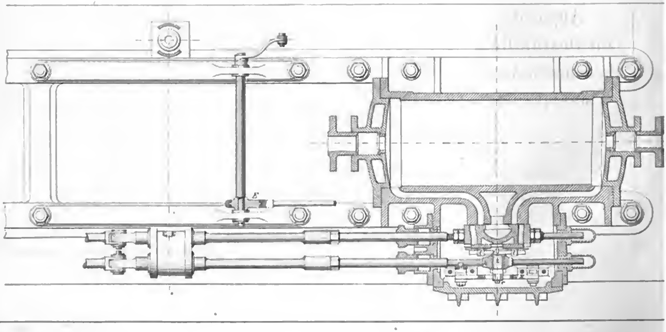
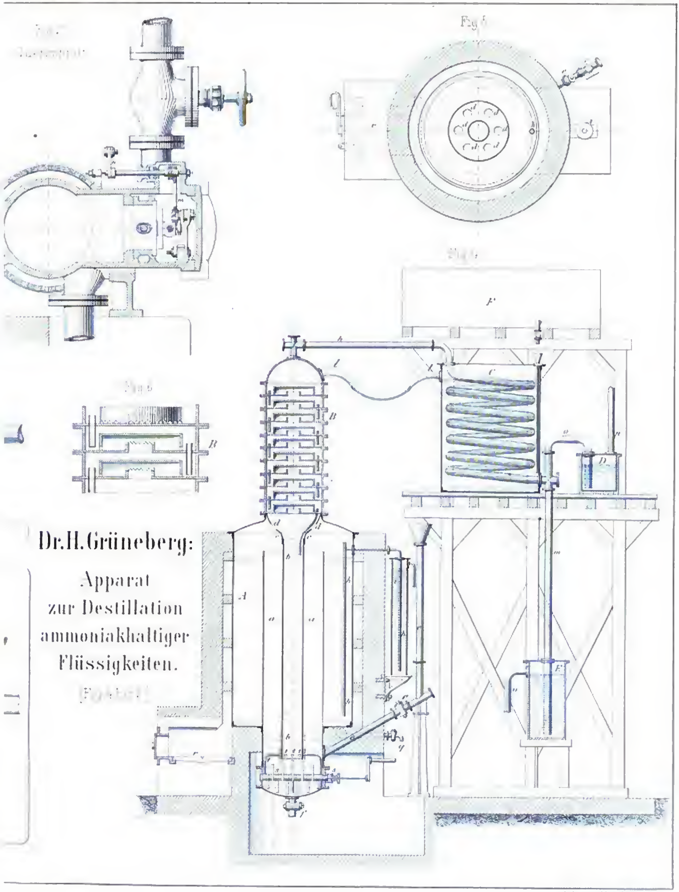
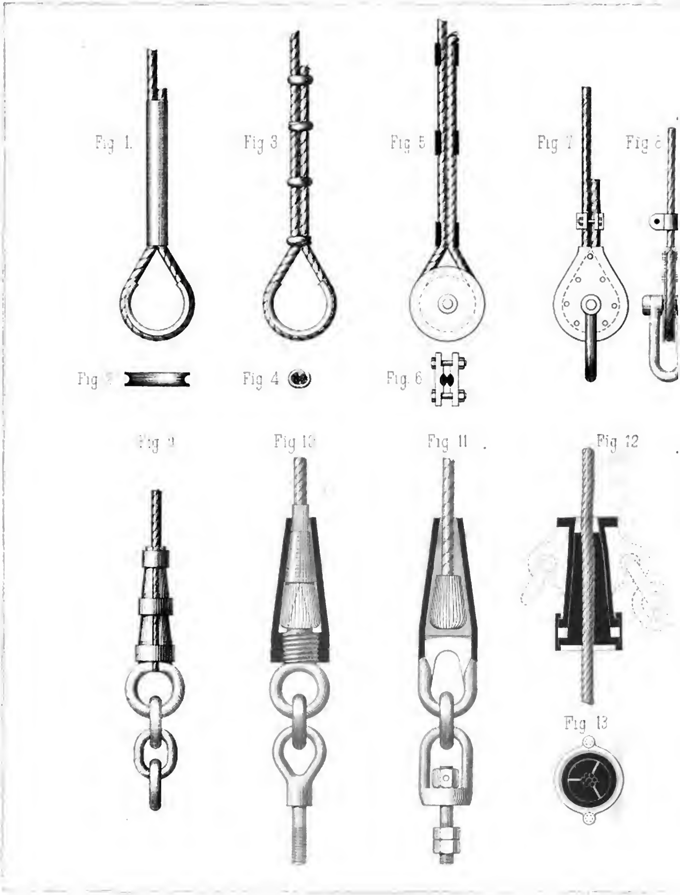


Fig. 3. Horizontalschnitt




Dr. H. Grüneberg:
Apparat
zur Destillation
ammoniakhaltiger
Flüssigkeiten.


Fig 1.
Fig 3
Fig 5
Fig 7
Fig 2
Fig 4
Fig. 6
Fig 9
Fig 10
Fig 11
Fig 12
Fig 13

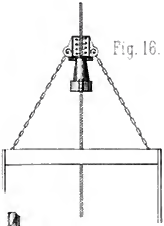

Fig. 16.


Fig. 17.

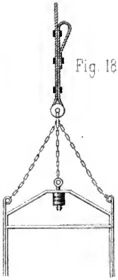

Fig. 18.

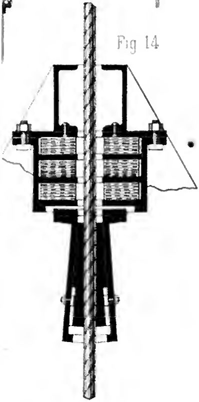
Fig. 14.


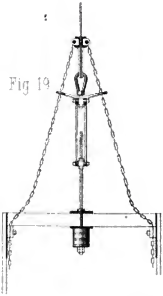
Fig. 19.


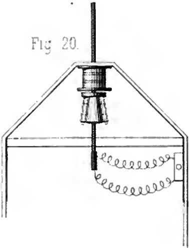
Fig. 20.


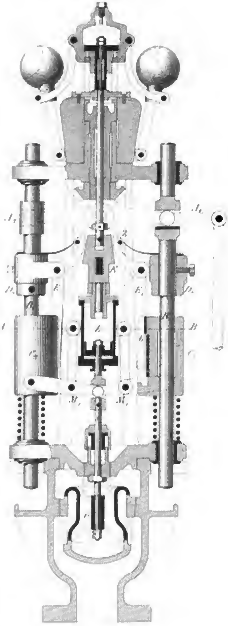
Fig. 15.

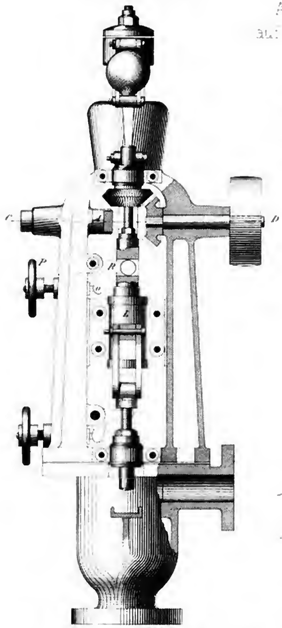

# F. Baumann:

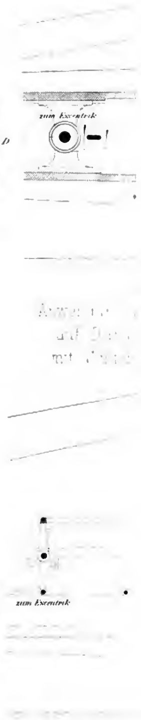
## Seilverbindungen für Förderkörbe.

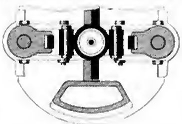
# R. Proell: Expansions-Regulir-und

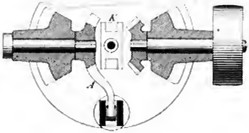
Fig. 1. Längsschnitt.



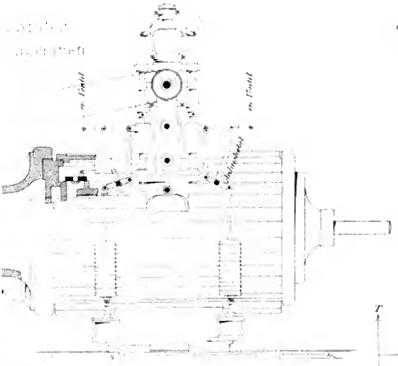





# …bsperr-Apparat mit Corliss-Mechanismus.



…pparates
…schinen
…teuerung

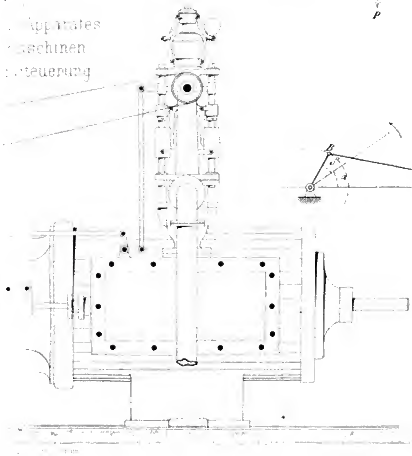


Fig 7

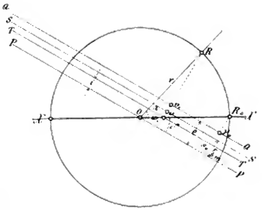



Fig 8




Fig 10

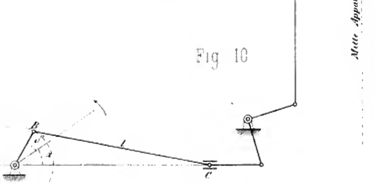
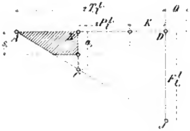
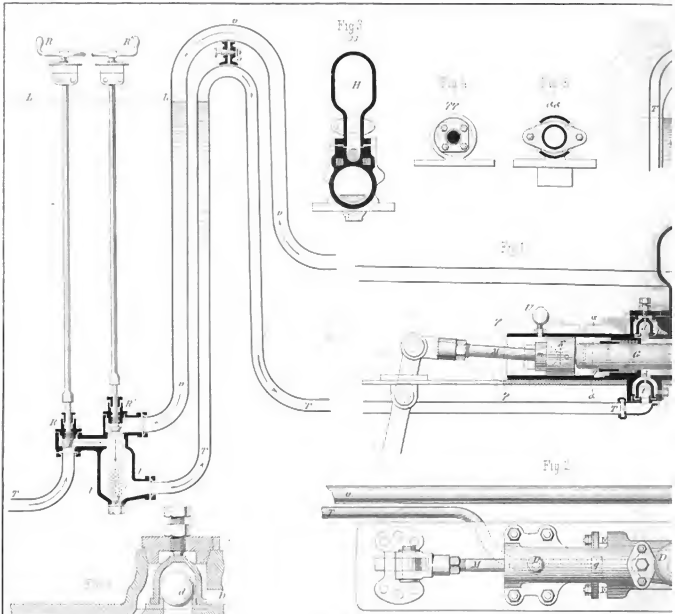
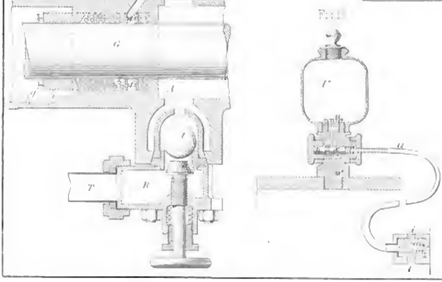



Fig 9





Selbstthätig wir

Neue Sic

für

Fig. 8
Fig. 6
Fig. 9

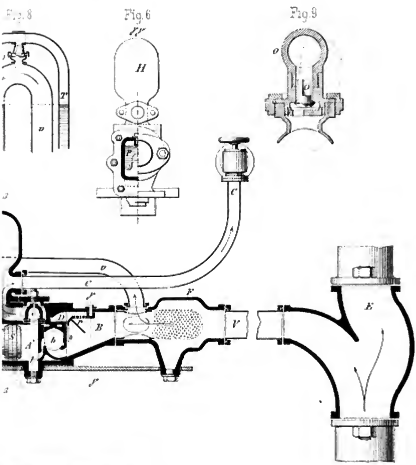
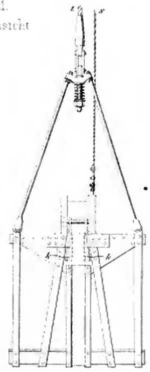



Fig. 11.
Seitenansicht



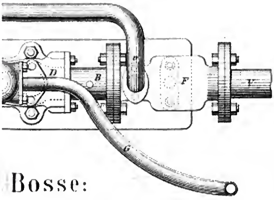



Fig. 14.

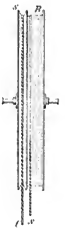


Fig. 12.
Verticalschnitt nach AB [Fig. 13.]

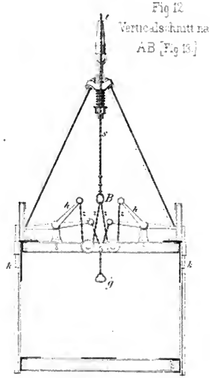


Fig. 13.
Grundriss

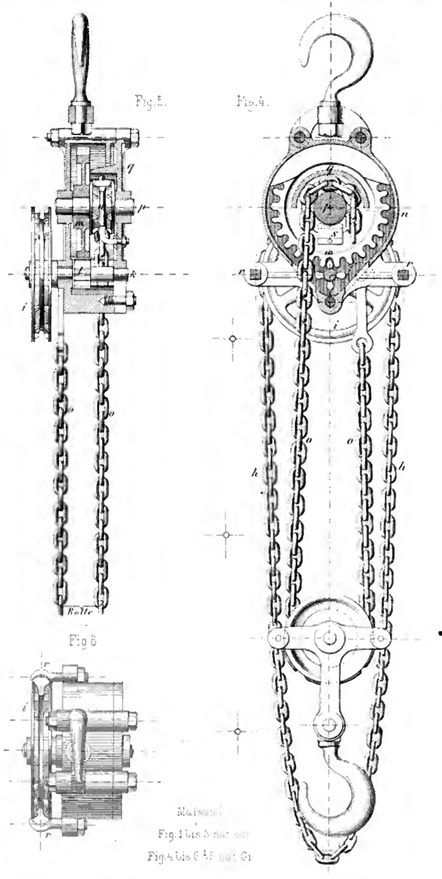


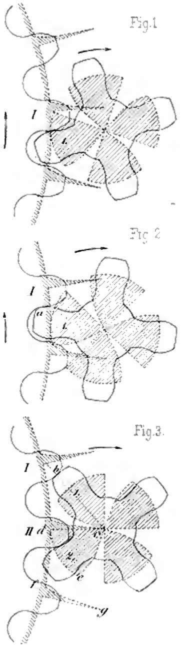

…Bosse:
…ende Kesselspeisepumpe.
[Fig. 1 bis 10.]

…Busse:
…erheitsvorrichtung
…Fahrstühle.
[Fig. 11 bis 14.]

# E. Becker:

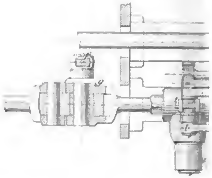
## Flaschenzug für 500k mit Brauer's patentirten Hemmrädern.

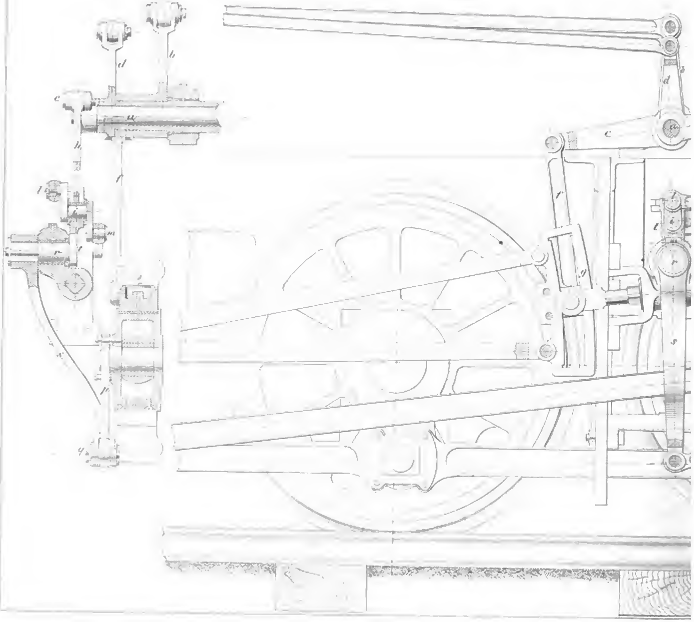


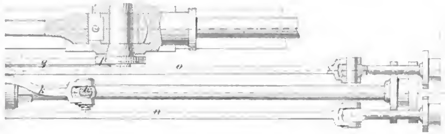



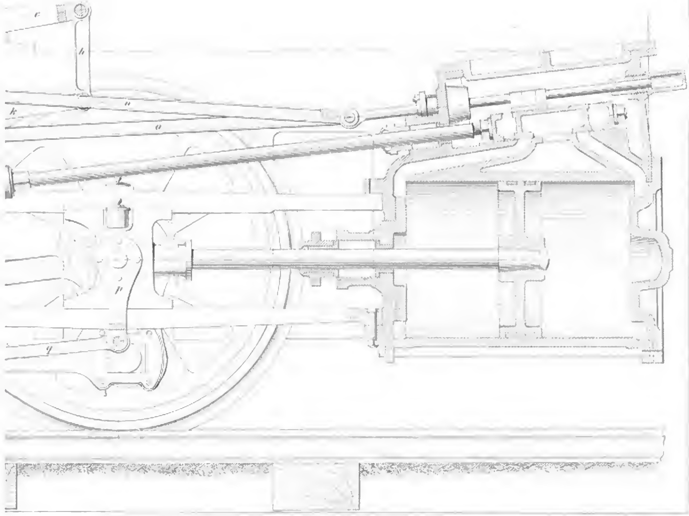
# W. Theis:

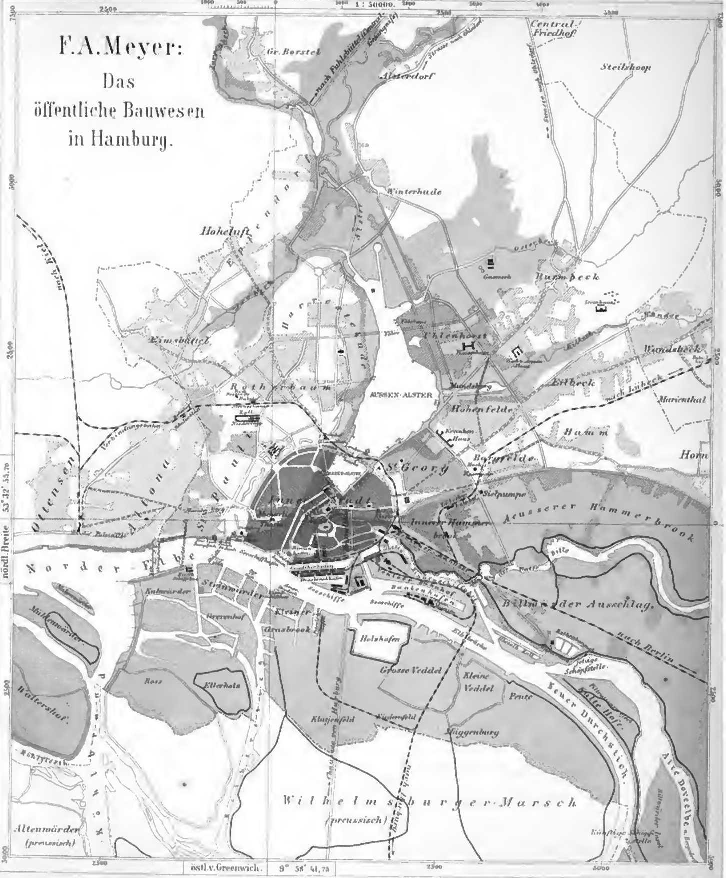
## Locomotive mit Expansionssteuerung.





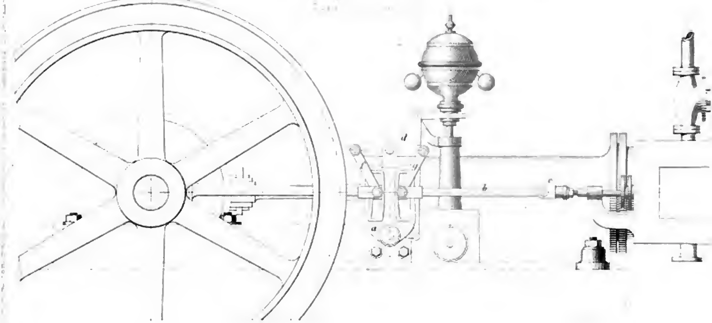


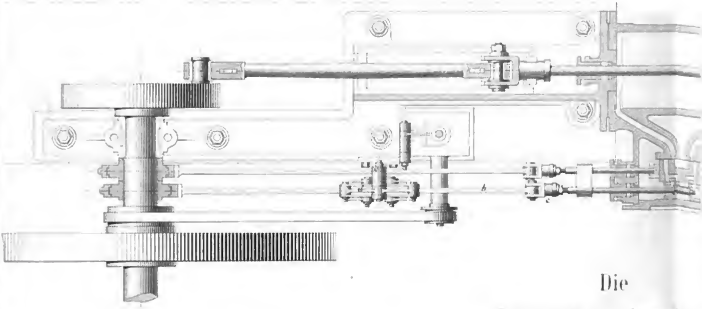





Landesgrenze. Pferdebahn. Eisenbahn. Marsch. (unter + 9,2 meter liegend.)

Deiche.





Die

Belenchtung der See

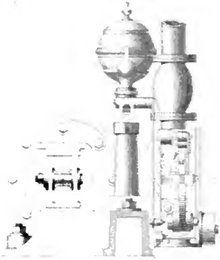
System Julius Pint

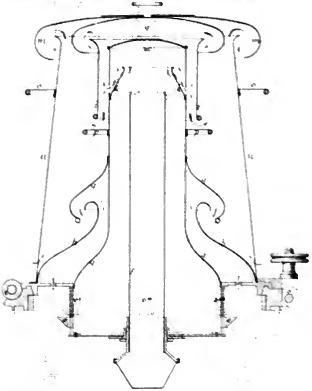
**E. A. Wortmann:**

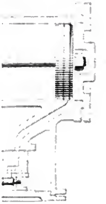
**Expansionssteuerung**

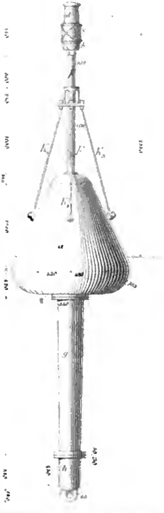
**für Dampfmaschinen.**

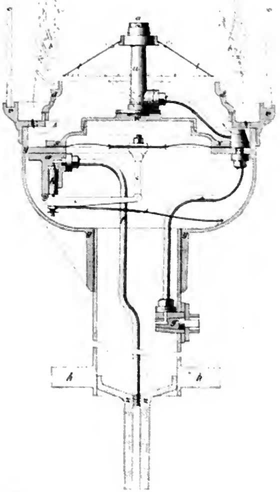












eewege.

ntsch.